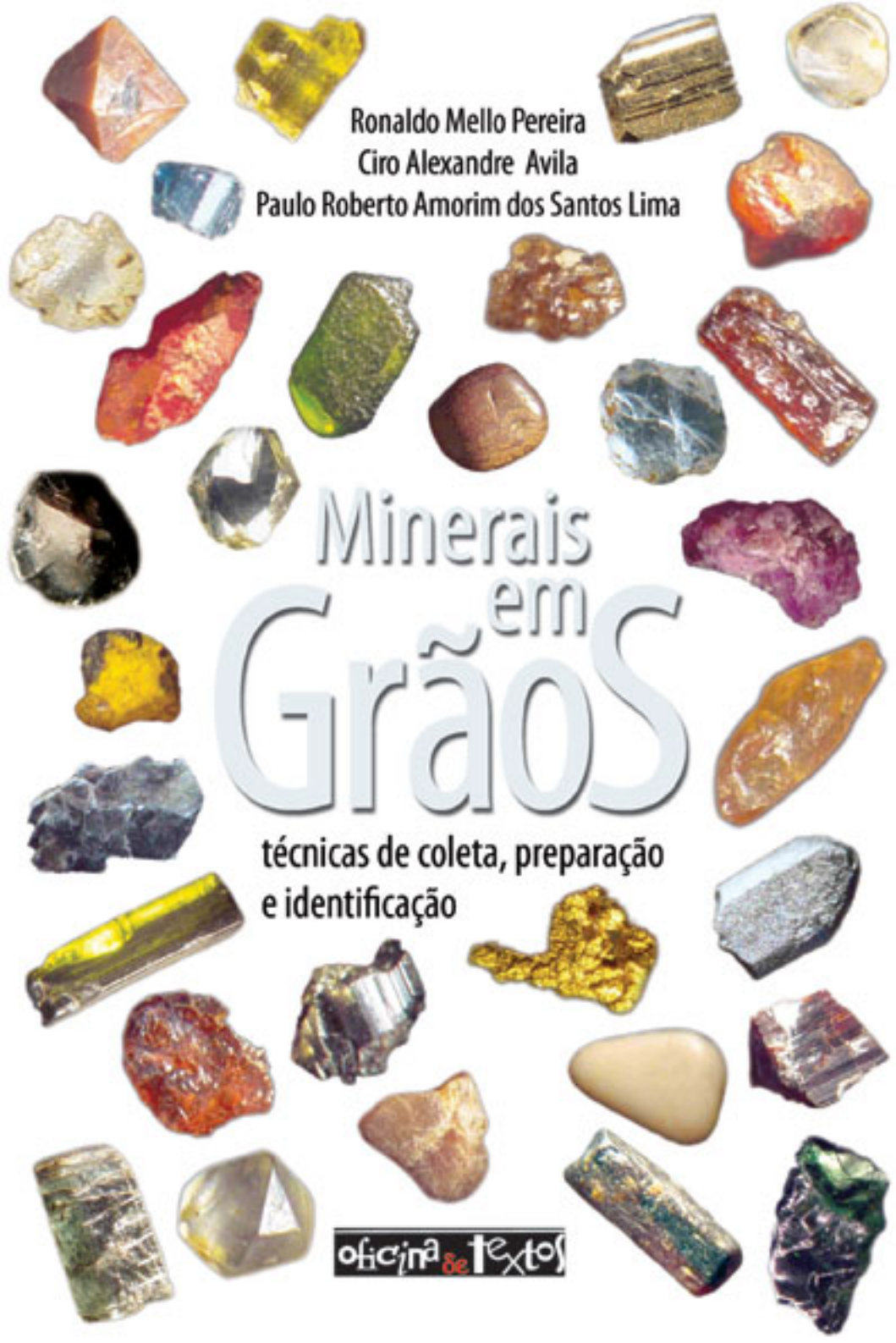
Ronaldo Mello Pereira
Ciro Alexandre Avila
Paulo Roberto Amorim dos Santos Lima

# Minerais em Grãos

## técnicas de coleta, preparação e identificação



oficina de textos

# Minerais em Grãos

técnicas de coleta, preparação e identificação

Página em Branco

Ronaldo Mello Pereira
Ciro Alexandre Ávila
Paulo Roberto Amorim dos Santos Lima

# Minerais em GrãoS

## técnicas de coleta, preparação e identificação

oficina de textos

©Copyright 2005 Oficina de Textos

CAPA Malu Vallim
PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO Malu Vallim
REVISÃO Dida Bessana
FOTOGRAFIA Ronaldo Mello Pereira

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação. (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Pereira, Ronaldo Mello
Minerais em grãos : técnicas de coleta, preparação
e identificação / Ronaldo Mello Pereira, Ciro Alexandre Ávila,
Paulo Roberto Amorim dos Santos Lima. -- São Paulo :
Oficina de Textos, 2005
Bibliografia.
ISBN 85-86238-46-5
1. Geologia - Brasil 2. Minerais pesados - Brasil
3. Mineralogia - Brasil I. Ávila, Ciro Alexandre.
II. Lima, Paulo Roberto Amorim dos Santos. I
II. Título

05-7758 CCD-572.86

Índices para catálogo sistemático:
1. Brasil : Minerais em grãos : Mineralogia
549.0981
2. Brasil : Minerais pesados : Mineralogia
549.0981

Todos os direitos reservados à
Oficina de Textos
Travessa Dr. Luiz Ribeiro de Mendonça, 4
01420-040 São Paulo SP Brasil
fone (11) 3085 7933 fax (11) 3083 0849
site: www.ofitexto.com.br e-mail: ofitexto@ofitexto.com.br

# Agradecimentos

Inúmeras pessoas e instituições contribuíram para que a presente obra se tornasse possível. Dessa forma, não poderíamos nos furtar de consignar os nossos agradecimentos aos que nos ajudaram ao longo de todo esse tempo. À professora Dra. Maria Antonieta da Conceição Rodrigues, por ter sido a primeira pessoa a incentivar e acreditar no nosso projeto e a quem devemos a presente publicação. Ao insigne Professor Andrade Ramos pelo apoio e entusiasmo com que acolheu esse trabalho. Ao Geólogo Rafael Bastos da Silva, a quem devemos a elaboração de todos os desenhos aqui apresentados e ao Professor Dr. Jacques Pierre Cassedanne, pelas críticas e sugestões que permitiram que melhorássemos um pouco o nosso texto e corrigíssemos algumas imprecisões mineralógicas. Convém frisar que as faltas ou os erros aqui cometidos devem ser inteiramente atribuídos aos autores.

Finalmente, gostaríamos de agradecer aos nossos patrocinadores FAPERJ, GEOSOL - Geologia e Sondagens Ltda e FUNDAÇÃO VICTOR DEQUECH pelo apoio para a edição dessa obra.

A Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), criada em junho de 1980, é o órgão do governo que integra e divulga a ciência como um instrumento social transformador, unindo todas as instituições científicas e culturais sediadas no Estado do Rio de Janeiro. Ela, particularmente, promove, apóia e financia programas e projetos, individuais ou institucionais, intercâmbios e formação de pesquisadores. Dentro dessa filosofia, a FAPERJ, tem investido e apoiado com especial atenção as Ciências Geológicas.

A GEOSOL, a maior empresa de sondagem geológica da América Latina e líder mundial em sondagem para a pesquisa de minério de ferro, está presente em todo o território nacional. Executa perfurações (rotativa a diamante, *wire line* e convencional) de até 2.600 metros e sondagens com desvio

controlado de trajetória. Além disso, elabora e executa projetos de exploração mineral envolvendo a seleção de áreas, prospecção geoquímica, abertura e amostragem de escavações de pesquisa, cálculo de reserva e planejamento de lavra, projetos de captação de mananciais de água subterrânea e de rebaixamento do nível d'água em mina a céu aberto e poços tubulares.

*Os Autores*

*Dedicado a Teresinha de Jesus Bastos Mello Pereira, pelo apoio e incentivo e, particularmente, por ajudar na montagem do manuscrito final do livro.*

# Sumário


Prefácio 9

Os Minerais em Grãos Pesados

Origem 11
Interesse do estudo 14
Concentração dos minerais pesados 15
Os principais minerais pesados 19
Obtenção dos concentrados de minerais pesados 20
Preparação das amostras 30
Estudo dos concentrados de minerais pesados 33
Associações de minerais pesados 34

Guia dos Minerais em Grãos Pesados 39

Magnetita 40
Ilmenita 42
Grupo da granada 44
Cromita/Magnésiocromita 46
Grupo da wolframita 48
Limonita/Goethita 50
Biotita 52
Xenotímio 54
Grupo da hornblenda 56
Grupo da turmalina 58
Epídoto 60
Grupo do espinélio 62
Diopsídio/Hedembergita 64
Columbita/Tantalita 66
Estaurolita 68
Grupo da monazita 70
Anfibólio/Tremolita-actinolita 72
Titanita 74
Zircão 76
Rutilo 78
Grupo da apatita 80
Moscovita 82
Cianita 84
Sillimanita 86
Pirita 88
Ouro 90

Scheelita 92
Anatásio 94
Coríndon 96
Cassiterita 98
Topázio 100
Molibdenita 102
Grupo da microlita 104
Brookita 106
Cinábrio 108
Crisoberilo 110
Espodumênio 112
Holmquistita 114
Gorceixita 116
Bahianita 118
Diamante 120
Quartzo 122
Berilo/Esmeralda 124

Sobre os autores 126
Anexo 127
Bibliografia 128

# Prefácio

Esta publicação corresponde a um compêndio sobre os minerais pesados mais comumente encontrados nos concentrados de bateia coletados no Brasil. Minerais extraídos de centenas de amostras oriundas de todas as regiões brasileiras, de norte a sul do País, estão aqui representados.

As imagens foram obtidas de padrões depositados no acervo do Museu de Mineralogia Victor Dequech em Belo Horizonte, Minas Gerais.

Na medida do possível, as fotografias de determinado tipo mineral são acompanhadas de uma representação de uma ou de mais formas cristalinas comuns, com o intuito de facilitar a identificação do espécime. Dados pertinentes às principais características dos minerais também são fornecidos com esse mesmo objetivo, ou seja, permitir, com base em uma série de critérios diagnósticos, suas determinações qualitativas.

Ao contrário das demais obras em que a apresentação dos minerais em grãos segue a ordem alfabética ou critérios relativos à sua gênese, neste livro apresentam-se os minerais na ordem em que eles ocorrem nas frações em que as amostras são divididas após serem submetidas aos diversos métodos de separações. Esse tipo de ordenamento dos minerais, que admitimos como representativo de um concentrado padrão foi adotado por, em linhas gerais, corresponder à expectativa de quais minerais serão encontrados em cada uma das frações à medida que as vamos estudando em lupa binocular.

Antes, porém, há uma parte mais geral em que são apresentadas algumas particularidades referentes aos minerais pesados, como: importância de seu estudo, pontos preferenciais para seu acúmulo etc.

Aos especialistas, gostaríamos de esclarecer a forma simplificada desta abordagem. Não há a intenção de que esta obra corresponda a um livro sobre a prospecção de aluviões, nem a um livro texto completo sobre os minerais em grãos. Obras

mais do que sobejamente conhecidas na literatura geológica prestam-se melhor a tal fim. Entretanto, é nossa intenção que esta obra sirva como um guia para orientar um amplo espectro de leitores, desde o geólogo e o prospector não totalmente familiarizados com o estudo dos minerais pesados até o técnico de laboratório, os estudantes de geologia e, porque não, os mineralogistas amadores. Dessa forma, a bibliografia mais geral e a específica apresentadas ao final objetivam fornecer ao leitor uma base mais ampla de consultas, visando a permitir que façam determinações cada vez mais seguras sobre o espécime mineral em estudo.

Finalmente, é nosso desejo que esta obra possa ajudar o leitor, não só a obter as amostras de bateia e a identificar os principais minerais de um concentrado, como também encantá-lo com a inigualável beleza desses pequenos grãos de areia.

*Os Autores*

# Origem

Todas as rochas expostas na superfície da Terra são submetidas à ação do intemperismo resultante da combinação de processos de destruição biológicos, físicos (e.g., água corrente, variações de temperatura etc.) e químicos (e.g., oxidação, hidratação), esses últimos proporcionando transformações, sobretudo nos minerais considerados mais instáveis, como os feldspatos e os anfibólios. A alteração dos tipos rochosos, a partir da desagregação física (Foto 1) e da decomposição química (Foto 2) das rochas leva à liberação de seus constituintes minerais, ficando os agentes de transporte e erosivos (rio, vento, gelo) encarregados de transportar e depositar esses produtos.

**Foto 1** *Decomposição física das rochas com a formação de detritos em forma de chapinhas (Serra Rio do Rasto, Santa Catarina)*

De acordo com as condições locais, como o gradiente das encostas, o regime de chuvas e a cobertura vegetal, esses minerais podem permanecer no local, constituindo solos residuais (saprólitos)/depósitos eluviais (Fig. 1 e Foto 3). Podem ainda sofrer transporte em um processo de solifluxão

**Foto 2** *Decomposição química de rochas granitóides com a formação de espessos solos de cobertura (emboque de túnel da Ferrovia do Aço, São João del Rey, Minas Gerais)*

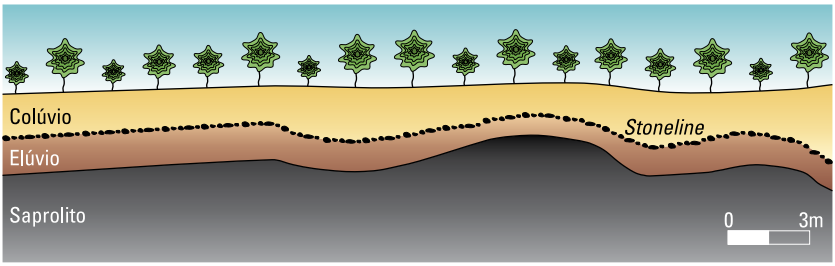
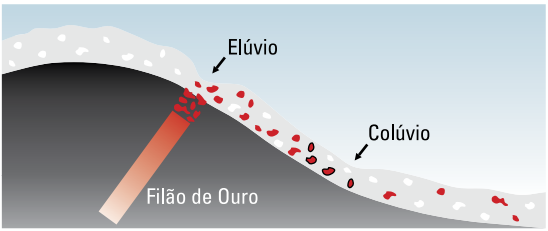



**Fig. 1** *Seção esquemática mostrando as relações entre solos eluviais e coluviais.* Stone line *marcando o limite entre o elúvio e o colúvio*

**Foto 3** Stone line *(linha de seixos) delineando a morfologia pretérita*

**Foto 4** *Processo de solifluxão (*creep*).*

**Fig. 2** *Relação entre depósitos eluvial e coluvial mineralizados em ouro*




(*creep*) (Foto 4) ou escorregamento/deslizamento e se depositar nas encostas, nos sopés das elevações e nas rampas como colúvios/tálus (Fig. 2 e Foto 5), ou serem carreados para as calhas dos rios a fim de, após o retrabalhamento pelas correntes, gerar as aluviões (Fig. 3 e Foto 6). Ainda nessa última condi-

**Foto 5** *Cascalheira coluvial (estrada Pariqüera-Açu-Cananéia, São Paulo)*

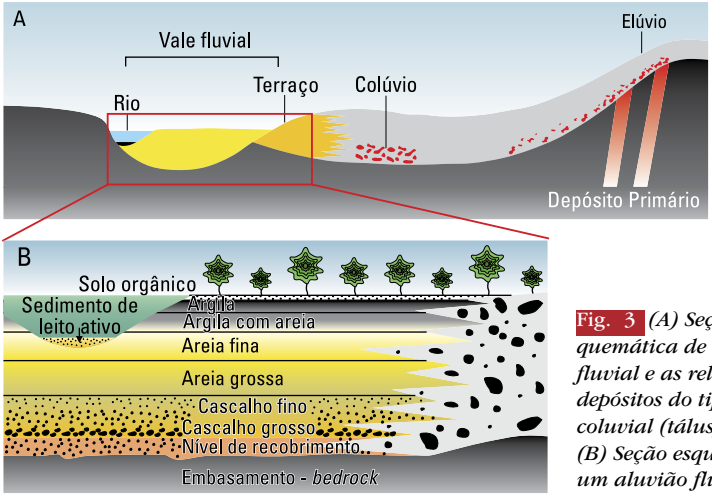



**Fig. 3** *(A) Seção esquemática de um vale fluvial e as relações entre depósitos do tipo eluvial, coluvial (tálus) e aluvial; (B) Seção esquemática de um aluvião fluvial*

ção, os sedimentos podem ser transportados até a foz dos rios e, após interagir com os agentes marinhos, i.e., as correntes e os movimentos das ondas, serem distribuídos e depositados na plataforma continental ou nas praias, formando os depósitos litorais.

**Foto 6** *Deposição de areias e de cascalhos no leito do rio das Mortes, São João del Rey, Minas Gerais*

# Interesse do estudo

Os minerais pesados apresentam interesse para estudos tanto do ponto de vista econômico (podem constituir depósitos explotáveis) quanto do ponto de vista geológico. Eles podem servir como indicadores da natureza das rochas e das mineralizações/ocorrências minerais localizadas a montante do ponto de coleta de um sedimento de drenagem, da área fonte de um sedimento ou rocha sedimentar, bem como fornecer informações diretas sobre as associações mineralógicas (presentes nas rochas sedimentares)/ associações paragenéticas (encontradas em rochas ígneas e metamórficas) contidas nos mais diversos litotipos.

O estudo dos minerais pesados sempre teve largo emprego nos campos mais tradicionais da Geologia (Geologia Econômica, Prospecção, Sedimentologia, Petrologia/Petrografia etc.). Na Geologia Econômica e na Prospecção Mineral empregam-se, direta ou indiretamente, os minerais pesados (a partir da obtenção de minerais guias, como a granada piropo, a cromita, a turmalina, a gahnita, a picroilmenita etc.) na busca dos depósitos minerais. Na Sedimentologia e na Estratigrafia estudos de química mineral realizados em determinados minerais pesados (e.g., ilmenita) servem para a determinação das áreas de proveniência. Na Petrologia, por exemplo, a caracterização da morfologia das populações de zircão (a tipologia do zircão, Pupin, 1980 ) é utilizada para fins de classificação dos corpos graníticos. Na Petrografia a determinação da suíte de minerais pesados acessórios encontrados nas rochas granitóides e nos demais tipos rochosos existentes permite distinguir diferentes unidades geológicas. Atualmente, na Geocronologia uma série de minerais pesados, como o zircão, a titanita, a monazita, a granada e a apatita são amplamente empregados nos mais diferentes métodos de determinações das idades das rochas (U/Pb, 206Pb/ 207Pb, Sm/Nd e traços de fissão).

No Brasil, mais especificamente, onde há, em virtude das condições climáticas reinantes, propensão à formação de espessas coberturas de solos que mascaram tanto os tipos rochosos subjacentes quanto as mineralizações, o estudo dos minerais pesados deveria ser aplicado rotineiramente nas campanhas de mapeamento geológico e de pesquisa mineral. Dessa forma, a súmula dos minerais pesados encontrados poderia fornecer importantes informações sobre os tipos litológicos e os recursos minerais existentes em determinada região representando, assim, uma significativa ferramenta para a melhoria da qualidade dos dados geológicos.

# Concentração dos minerais pesados

Antes de tudo deve-se definir o que é mineral pesado. São considerados minerais pesados aqueles que têm densidade igual ou superior a 2,9. Com isso, pode-se constatar que, apesar de consagrado na literatura geológica, o termo mineral pesado não é a maneira mais apropriada de designar esses espécimes, sendo a denominação mineral denso a expressão mais correta.

Minerais com densidades inferiores a 2,9, são denominados, genericamente, minerais leves, sendo o quartzo (2,65) e os feldspatos (2,56 a 2,76) seus principais, e mais comuns, representantes.

Na natureza, a concentração dos minerais pesados ocorre, sobretudo, em virtude da perda de energia da corrente produzida pelo agente de transporte (rio, mar, vento) o que ocasionará a deposição desses materiais mais densos nos sítios mais propícios. De modo geral, esses locais favoráveis à deposição e à acumulação de minerais econômicos (ouro, diamante etc.) são denominados trapas (do inglês *trap* = armadilha). Por exemplo, no caso do transporte fluvial, a deposição das partículas transportadas ao longo da calha do rio, do ribeirão, do córrego ou do riacho se dá em pontos singulares onde ocorre a diminuição da velocidade de corrente, o que proporcionará, então, as concentrações aluviais. Em geral, os sítios mais favoráveis à deposição dos materiais transportados pelas correntes são facilmente percebidos por causa do acúmulo de cascalho (e.g., os bancos de cascalhos

Foto 7 *Cascalheira em leito ativo de corrente formando praia fluvial*

Foto 8 *Banco de cascalho com seixos imbricados, indicando a direção de corrente*

Foto 9 *Banco de areia situado na margem do rio. Ribeirão do Mosquito, Coronel Xavier Chaves, Minas Gerais*

Foto 10 *Praia fluvial onde se observam estratificações plano-paralelas no banco arenoso*

depositados em trechos fluviais retilíneos encachoeirados ou com zonas de corredeiras, Igarapé Caxipocoré, Pará (Fotos 7 e 8) ou areia (Fotos 9 e 10) nas zonas marginais ou centrais do leito ativo das correntes. Dentre os sítios favoráveis à concentração dos minerais pesados encontram-se as partes côncavas (meandros) das curvas dos rios (Fig. 4), os pontos logo após o encontro de rios com diferentes velocidades de corrente (Fig. 5), os poços

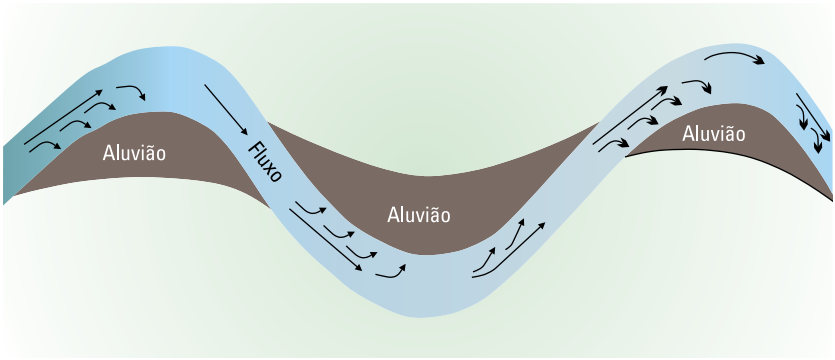



**Fig. 4** *Formação de depósitos em curvas de rios com os meandros atuando como ponto de concentração de minerais pesados*

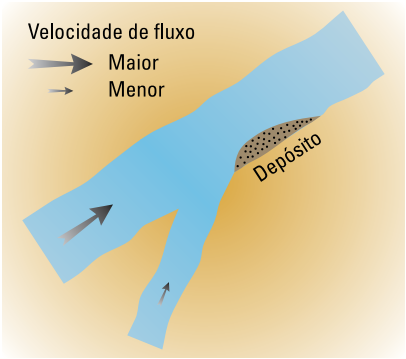



**Fig. 5** *Deposição de material transportado em zona de confluência de rios (adaptado de Smirnov, 1971)*

de cachoeiras (Foto 11), as zonas de remansos localizadas depois das corredeiras, os obstáculos naturais no leito dos rios, como os travessões (Fig. 6 e Foto 12) etc. Além destes, as marmitas (*pot holes*) encontradas nos leitos rochosos das drenagens (Fotos 13 e 14) podem representar ótimos locais para a

**Foto 11** *Poço de cachoeira*

**Foto 12** *Dique pegmatítico disposto ortogonalmente ao leito do córrego funcionando como travessão (região de Galiléia, Minas Gerais)*

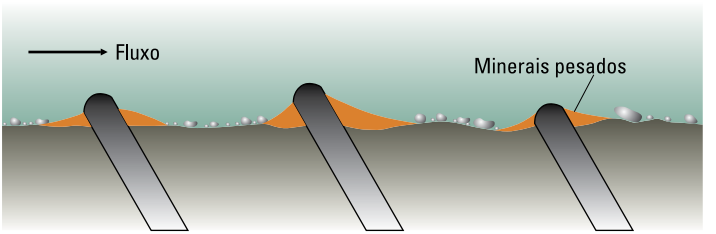



Fig. 6 *Travessão atuando como concentrador de minerais pesados (adaptado de Bateman, 1958)*

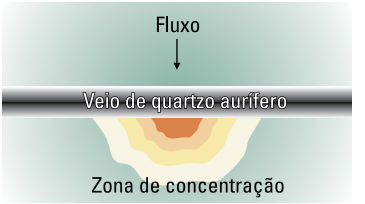


Foto 13 *Marmita estabelecida em leito fluvial rochoso*

deposição dos minerais pesados. A marmita estéril recebe a denominação de macho pelos garimpeiros locais (Foto 14). De modo geral, esses são os locais preferenciais para a coleta de amostras de concentrados de bateia (Foto 15).

Foto 14 *Exemplo de marmita estéril. Rio Vermelho, Poxoréo, Mato Grosso. Esse tipo de marmita recebe a denominação de macho pelos garimpeiros locais Notar que a marmita não se encontra integralmente escavada, preservando um 'umbigo' no seu interior. Tal fato denota que o processo responsável pela escavação da marmita, não foi completado o que impede a retenção em seu interior dos minerais pesados (no caso diamante) eventualmente capturados*

Foto 15 *Coleta e concentração em bateia do material aprisionado em marmita*

# Os principais minerais pesados

Os minerais pesados que, em sua maioria, constituem jazidas são também chamados de minerais resistentes, em razão deles suportarem bem os efeitos da abrasão ocasionada durante o transporte proporcionado pelos diversos tipos de agentes intempéricos (água, gelo, vento). Além disso, eles também resistem à decomposição química, ou seja, são estáveis sob condições normais de pressão e temperatura, agüentando bem as condições de oxidação e de hidratação propiciadas pelo meio ambiente. Dessa forma, os minerais pesados ditos resistentes conseguem ser preservados, podendo se acumular para formar depósitos minerais. Do ponto de vista da Geologia Econômica, os principais minerais pesados formadores de depósitos explotáveis (i.e., lavráveis) correspondem ao ouro, ao diamante, à cassiterita, à columbita-tantalita, à wolframita, à ilmenita, ao rutilo, à monazita, ao zircão e a algumas pedras coradas, como as turmalinas, a safira e o rubi, entre outras.

Ainda na mesma visão econômica, pode-se relacionar uma série de minerais (resistentes ou não) que são excelentes indicadores de zonas mineralizadas por representarem minerais que constituem jazidas primárias (e.g., cromita, scheelita), ou por participarem da paragênese/ganga de certos tipos de depósitos minerais (e.g., topázio, fluorita, barita, magnetita, ilmenita, granada, turmalina, cinábrio, scheelita, hidrozincita etc.).

Por outro lado, ocorre na natureza um conjunto de minerais pesados que apesar de, em sua maioria, não serem considerados resistentes (e.g., granadas, estaurolita, anfibólios, titanita, apatita etc.), estão constantemente presentes nas rochas da crosta terrestre e, portanto, prestam-se aos estudos geológicos (Quadro 1).

Quadro 1 Principais minerais pesados e suas densidades

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| anfibólios | 2,9 – 3,4 | cromita | 4,3 – 4,6 | cassiterita | 6,8 - 7,0 |
| apatita | 3,1 – 3,2 | *ilmenita | 4,3 – 5,5 | *wolframita | 7,1 – 7,5 |
| sillimanita | 3,24 | xenotímio | 4,4 – 4,6 | galena | 7,3 – 7,6 |
| titanita | 3,4 – 3,5 | *zircão | 4,4 – 4,8 | *tantalita | 7,3 – 8,2 |
| cianita | 3,56 – 3,67 | torita | 4,4 – 5,4 | cinábrio | 8,0 – 8,2 |
| espinélio | 3,6 – 4,4 | molibdenita | 4,7 – 4,8 | *platina | 14,0 – 19,0 |
| estaurolita | 3,7 | magnetita | 4,9 – 5,2 | *ouro | 15,6 – 19,3 |
| granada | 3,8 – 4,2 | *monazita | 4,9 – 5,3 | iridiósmio | 20 – 21,2 |
| coríndon | 3,9 – 4,1 | *columbita | 5,15 – 6,4 | | |
| *rutilo | 4,2 – 4,3 | scheelita | 5,9 – 6,2 | | |

**minerais formadores de depósitos econômicos*

# Obtenção dos concentrados de minerais pesados

Foto 16 *Cata de diamante, Diamantina, Minas Gerais*

Foto 17 *Sondagem mista efetuada em pesquisa para ouro. Aluvião do rio Piranga, Presidente Bernardes, Minas Gerais*

Foto 18 *Raspagem do cascalho assentado sobre o* bedrock

## A PARTIR DA AMOSTRAGEM DE *FLATS* ALUVIAIS

Em campanhas que visem, de maneira direta, à prospecção de depósitos detríticos de ouro, de cassiterita etc. as amostras são coletadas por meio de poços (com diversos tipos de seções)/catas (no caso da pesquisa para diamante), escavados na planície aluvial (*flat*) (Foto 16), por sondagens dos tipos Banka, Empire ou mista (Foto 17), até atingir o nível de cascalho posicionado sobre o embasamento rochoso (*bedrock*) (Foto 18) ou, em casos excepcionais, por meio do trado (Fotos 19 e 20). Deve-se ter em conta que há limitações para o uso de trado na amostragem dos depósitos aluviais. Níveis muito arenosos ou constituídos por cascalhos dificilmente serão amostrados. O topo da camada de cascalho corresponde, em geral, ao impenetrável a esse tipo de ferramenta. Nesse tipo de campanha também devem ser amostrados os terraços aluvionares mais elevados

Foto 19 *Amostragem de solo aluvial com trado tipo boca de lobo*

Foto 20 *Amostragem de material de terraço aluvial com trado em concha*

Foto 21 *Vale fluvial com terraços aluvionares expostos em patamares*

encontrados nos vales dos rios (Fotos 21 e 22) ou até mesmo em pontos mais afastados da calha fluvial, como os depósitos situados no topo das elevações locais, onde recebem a denominação de grupiara (Foto 23). Em trabalhos efetuados por intermédio de poços ou catas (Foto 24), em virtude dos volumes amostrados (idealmente, deve-se lavar todo o cascalho coleta-

Foto 22 *Níveis de areia e cascalho, com estratificação cruzada, expostos em corte de terraço fluvial*

Foto 23 *Nível de cascalho fluvial em terraço elevado (grupiara)*

Foto 24 *Cata para topázio imperial, área de Capão do Lana, Rodrigo Silva, Ouro Preto, Minas Gerais*

Foto 25 Sluice *para a pré-concentração de ouro e diamante em garimpo, Diamantina, Minas Gerais*

do), os equipamentos utilizados na concentração correspondem a *jigs* e *sluices* (Fotos 25, 26, 27 e 28) e a peneiras para a classificação granulométrica do material amostrado (Foto 29), podendo também ser empregados, de forma complementar, o *gravitator*, o *pan* californiano e a bateia.

### A partir da amostragem do leito ativo das correntes

Em campanhas prospectivas que objetivem, simplesmente, estabelecer a súmula dos minerais presentes em uma região qualquer, a coleta das amostras é feita no leito ativo das drenagens, i.e., nos pontos onde passa a água corrente (Fotos 30, 31, 32 e 33) e, neste caso, denomina-se amostragem do tipo leito ativo ou *lit vif* (leito vivo), de acordo com os franceses. Convém frisar que o conceito de leito ativo também se aplica às drenagens de tipo intermitente, ou seja, àquelas por onde a água corre só em determinadas circunstâncias (chuvas

Foto 26 *Limpeza da calha* sluice *após o processo de concentração*

Foto 27 *Bica garimpeira para lavagem de cascalho com topázio imperial, área do Capão do Lana, Ouro Preto, Minas Gerais*

ocasionais) ou em períodos do ano (estação chuvosa). Como já vimos, há nos leitos ativos das correntes vários tipos de trapas favoráveis à acumulação dos minerais pesados. As amostras serão, preferencialmente, coletadas nesses sítios. Convém alertar que essa situação só será possível quando não se tratar de uma campanha de coleta sistemática de concentrados de bateia, pois, nesse caso, os pontos de amostragem se encontrarão distribuídos regularmente, segundo espaçamentos preestabelecidos (e.g., a cada quilômetro, a cada 500 metros etc.) ao longo de todo o curso da drenagem e, portanto, nem

Foto 28 *Bica garimpeira para lavagem de saprolito pegmatítico, área de Linópolis, Minas Gerais*

Foto 29 *Peneiramento para classificação granulométrica do cascalho retirado de cata*

Foto 30 *Córrego encachoeirado em virtude de seu leito rochoso*

Foto 31 *Exemplo de leito ativo de drenagem. Córrego em leito rochoso*

Foto 32 *Exemplo de leito ativo de drenagem. Córrego remansoso estabelecido em planície aluvial arenosa*

Foto 33 *Exemplo de leito ativo de drenagem. Córrego com grande concentração de blocos rochosos*

sempre os sítios ideais para a coleta das amostras serão encontrados nesses locais predeterminados. Na ausência das trapas, as amostras podem ser extraídas de qualquer ponto do leito ativo, dando-se preferência aos pontos onde haja zonas com a acumulação de cascalho ou areia grossa, pois é junto desses materiais de granulação mais grossa que se encontram, em maior quantidade e tamanho, os minerais pesados. Na total impossibilidade de se amostrar, esses materiais podem ser coletadas, então, as frações mais finas existentes.

Para a coleta propriamente dita necessita-se de uma pá, de uma peneira (em geral de malha quadrada com 2,0 mm de abertura), de um recipiente (balde) para medição do volume (5, 10, 20 ou mais litros) do material coletado, de uma bateia (ou *pan*) para a concentração (Foto 34) e de sacos plásticos para o acondicionamento do material resultante do bateamento, i.e., o concentrado de minerais pesados.

Para melhor ilustrar a etapa de

Foto 34 *Material (balde, peneira, bateia, pá) utilizado na coleta de amostra do tipo leito ativo*

Foto 35 *Coleta do material (areia grossa e cascalho) em leito ativo cascalhoso*

Foto 36 *Coleta da amostra em barranco aluvionar arenoso*

Foto 37 *Coleta de cascalho em trapa do tipo "sombra de matacão"*

Foto 38 *Peneiramento da amostra*

Foto 39 *Exame do* oversize *com lupa de bolso*

amostragem, apresenta-se, a seguir, a seqüência de coleta (Fotos 35, 36 e 37), peneiramento (Foto 38), exame com lupa do *oversize* (Foto 39) e concentração em bateia (Fotos 40, 41, 42, 43 e 44) de uma amostra de minerais pesados derivada do leito ativo de uma drenagem.

Foto 40 *Etapa de bateamento da amostra*

Foto 41 *Obtenção do concentrado de minerais pesados, o denominado fundo de bateia*

Foto 42 *Ensacando o concentrado de bateia*

Foto 43 *Concentração de ouro em caixa de lavagem*

Foto 44 *Ouro em fundo de bateia*

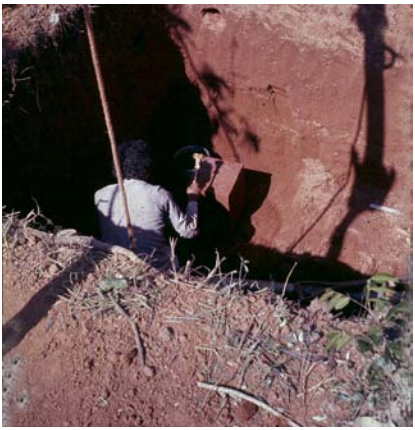


Foto 45 *Poço de pesquisa em depósito coluvial*

### A PARTIR DA AMOSTRAGEM DE DEPÓSITOS ELUVIAIS, COLUVIAIS E SOLOS EM GERAL

A amostragem de depósitos eluviais e coluviais geralmente é efetuada por intermédio de poços de pesquisa (Foto 45). Já a amostragem de solos é bem mais simples (Fotos 46 e 47), bastando para tal definir o horizonte (A = solo rico em húmus, com fragmentos vegetais do tipo folhas e raízes; B = solo contendo argila e/ou carbonatos/hidróxidos, secundariamente concentrados; C = rocha parcialmente decomposta/material saprolítico) que se quer amostrar. Para tanto, pode-se utilizar

Foto 46 *Amostragem de cascalheira. Região de Pariqüera-Açu, São Paulo*

Foto 47 *Amostragem de saprolito granítico*

pás (para o material mais superficial) ou qualquer um dos diversos tipos de trados. Feito isso, lava-se a amostra (Foto 48), para a remoção da argila contida (deslamagem), até a obtenção de uma fração mais arenosa que será, então, processada em bateia.

Foto 48 *Deslamagem de material saprolítico*

## A partir da amostragem de rocha sã

Na separação dos minerais pesados encontrados em rocha sã (para datações geocronológicas ou para o estabelecimento de paragêneses minerais/assembléia de minerais pesados acessórios), pode-se processar o material em um mortar (gral) de ferro (Foto 49) ou em um britador de mandíbula (Foto 50). No caso do uso do britador, no primeiro estágio procura-se gerar fragmentos mais reduzidos, com cerca de 1/4 de polegada de tamanho. Sucessivas rebritagens desses fragmentos reduzirão a amostra a um material mais fino (≤ 1,0 mm).

Foto 49 *Mortar para trituração de rocha sã*

No caso das rochas graníticas de granulação fina a grossa, esse material já permite a obtenção dos minerais pesados, inclusive para a datação, pois não só os cristais de zircão já se encontram liberados intactos, como os demais minerais acessórios que constituem a suíte de minerais pesados de interesse

Foto 50 *Britagem em britador de mandíbulas*

para esse tipo de estudo (e.g., apatita, titanita, monazita).

No caso de rochas de granulação mais fina pode-se, ainda, processar o material britado em moinho de disco (Foto 51) a uma granulometria ≤ 0,5 mm. Nesse caso, deve-se lavar o material pulverizado em peneira 0,0625 mm (230 MESH) para a remoção das frações mais finas.

Os produtos gerados são, em seguida, concentrados em bateia ou em mesa concentradora (Fotos 52 e 53).

Foto 51 *Moinho de disco para reduzir adicionalmente a granulação da amostra de rocha*

Foto 52 *Mesa concentradora Mosley para a obtenção, em laboratório, do concentrado de minerais pesados*

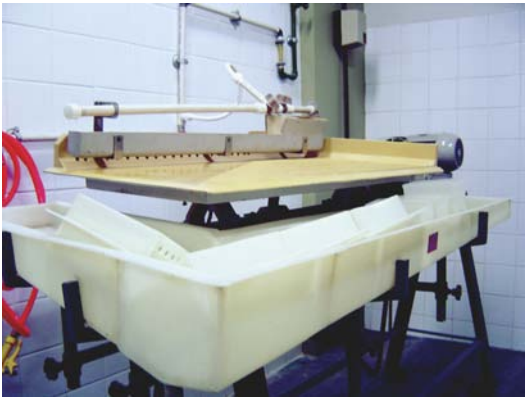


Foto 53 *Mesa concentradora vibratória para a obtenção, em laboratório, do concentrado de minerais pesados*

# Preparação das amostras

Foto 54 *Coluna de separação densimétrica montada em capela*

Foto 55 *Separação densimétrica em que se pode observar o quartzo flutuando no bromofórmio e os minerais pesados no fundo do funil*

Foto 56 *Separação densimétrica expedita. Pode-se observar o quartzo flutuando no bromofórmio e os minerais pesados no fundo do béquer*

## Separação densimétrica

Geralmente, o produto derivado das amostras coletadas em campo, o chamado concentrado de minerais pesados ou concentrado de bateia (CB), é levado para o laboratório para ser tratado de modo a eliminar os minerais leves (menos densos), representados sobretudo pelo quartzo, o principal mineral que contamina as amostras, e enriquecê-lo dos minerais pesados (ou mais densos). Essa separação é feita em colunas de separação padrão (Foto 54 e 55) ou de forma mais expedita em um béquer (Foto 56), utilizando-se, normalmente, os denominados líquidos densos. O bromofórmio, líquido de densidade 2,89, que permitirá retirar da amostra o quartzo (d = 2,67)e o feldspato (d = 2,7), é o de emprego mais usual. Outros líquidos densos podem, entretanto, ser adotados, como o iodeto de metileno (d = 3,33) e o licor de Clèrici (d = 4,0 – 4,5), porém são mais tóxicos e bem mais caros que o bromofórmio.

## Separações magnéticas e eletromagnética

Após a separação dos minerais leves dos minerais pesados, o material é submetido a separações magnéticas. A retirada da magnetita (fração ferromagnética) é feita com o auxílio de um ímã de mão comum, do tipo ferradura ou do imã embuchado

(Foto 57). O restante do material, com propriedades paramagnéticas (i.e., apresentam certo magnetismo) e diamagnéticas (i.e., sem nenhum tipo de magnetismo), pode ser tratado ou por meio do ímã embuchado (de contato ou ventosa) da marca ERIEZ (Foto 58) ou processada no separador eletromagnético Frantz (Foto 59). Este último proporcionará a separação da amostra em frações com

**Foto 57** *Retirada da magnetita com o auxílio do ímã embuchado. Repare que o ímã não toca a amostra*

**Foto 58** *Retirada da fração paramagnética com o ímã embuchado. Após o contato, o material deve aderir somente no anel interno do ímã.*

**Foto 59** *Separador eletromagnético Frantz (modelo antigo: à esquerda; modelo novo: à direita)*

diferentes graus de suscetibilidade magnética (Quadro 2), que podem variar de 0,1A até a amperagem máxima (1,8 a 2,0A). Após essas etapas, o material estará pronto para ser estudado em lupa binocular.

### Resultados obtidos após a separação eletromagnética

Após a amostra ser processada no eletroímã obtém-se uma série de frações (Quadro 2), correspondentes às várias faixas de amperagens. São elas:

- 0,3A - contém quase toda a ilmenita da amostra (e um pouco de granada);

Quadro 2 Faixas de suscetibilidade magnética* dos principais minerais encontrados nos concentrados de bateia

| Mineral | Magnético | Não magnético | Mineral | Magnético | Não magnético |
|---|---|---|---|---|---|
| allanita | 0,4A - 0,5A | | leucoxênio | 0,4A — | |
| anatásio | | X | limonita/ pirita epigênica | 0,4A - 0,5 A | |
| andalusita | A Mx | — | microlita | | X |
| apatita | A Mx | — | molibdenita | | X |
| arsenopirita | | X | monazita | 0,6A — | — |
| barita | | X | ouro | | X |
| biotita | 0,5A | | óxido de manganês | 0,3A — | |
| calcopirita | 1,0A - A Mx | | pirita | | X |
| cassiterita | — | X | pirocloro | — 0,8A | — |
| cinábrio | | X | platina | | X |
| cianita | | X | rutilo | | X |
| columbita-tantalita | 0,5A | | scheelita | | X |
| coríndon | | X | sillimanita | | X |
| cromita | 0,5A | | titanita | 1,0A - A Mx | — |
| diopsídio | 0,5A — | | topázio | | X |
| esfalerita | — | X | torita | — A Mx | |
| epídoto | 0,5A | | tremolita-actinolita | 0,8A | |
| espinélio | 0,5A — | — | turmalina preta (*schorl*) | 0,5A | |
| espodumênio | | X | turmalina castanha | — 0, 8A — | — |
| estaurolita | 0,6A | | wolframita | 0,4A - 0,5A | |
| estibnita | | X | xenotímio | 0,4A - 0,5A | |
| fluorita | | X | zircão | | X |
| galena | | X | | | |
| granada | 0,4A — | | | | |
| hematita | 0,3A — | | | | |
| hornblenda | 0,5A — | | | | |
| Ilmenita | 0,3A | | | | |

** Principal faixa de atração. O traço indica que o mineral ainda pode ocorrer antes ou depois da principal faixa de atração.*

- 0,4A - recupera a granada e a wolframita (além de um pouco de ilmenita que não foi retirada em 0,3 A e de cromita);
- 0,5A - contém a columbita-tantalita, a wolframita, a cromita, o xenotímio, o anfibólio preto/verde-escuro (hornblenda), a turmalina preta e azul-escura (*schorl*), a limonita (incluindo a pirita epigênica), o epídoto e o espinélio verde;
- 0,6A - retira quase toda a estaurolita da amostra e parte da monazita;
- 0,8A - contém a monazita, as turmalinas coloridas (verdes, rosas, castanhas etc.) e a tremolita-actinolita (e o restante da estaurolita); e
- 1A - amperagem máxima (~1,5A) que retém a titanita.

Após essa última separação obtém-se uma fração não-atraída que pode conter uma série de minerais interessantes, como: ouro, cassiterita, zircão, rutilo, scheelita, microlita, cinábrio, topázio, apatita, espinélios, coríndon e alguns sulfetos (pirita, arsenopirita, calcopirita, galena, blenda, molibdenita etc.).

# Estudo dos concentrados de minerais pesados

Os métodos de separações densimétricas e magnéticas objetivam dividir os diferentes constituintes contidos nas amostras, para se tentar obter frações que contenham apenas alguns tipos de minerais pesados. Essas separações, aliás, proporcionarão os primeiros critérios diagnósticos (densidade e magnetismo/suscetibilidade magnética) para a determinação qualitativa dos minerais pesados.

As diferentes frações obtidas são estudadas em lupa binocular ou estereomicroscópio (Foto 60), e a essas primeiras características devem somar-se algumas das principais propriedades dos minerais, como cor, brilho, forma cristalina, clivagem e fratura, dureza. Deve-se observar, ainda, o grau de trabalhamento do grão, ou seja, o grau de arredondamento e de esfericidade dos minerais (Fig. 7) e, posteriormente, estimar seu porcentual na fração (Fig. 8).

Foto 60 *A lupa binocular*

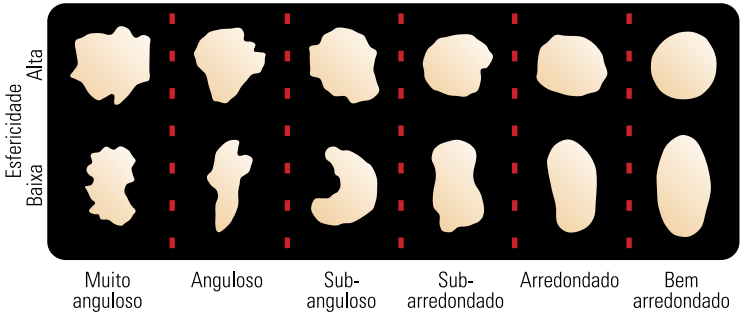



Fig. 7 *Grau de arredondamento e esfericidade dos grãos*

A análise de um concentrado padrão é reproduzida no Anexo. Nela, pode-se observar que a gama de minerais pesados encontrados em uma amostra dita normal dificilmente ultrapassará vinte espécimes. É bastante

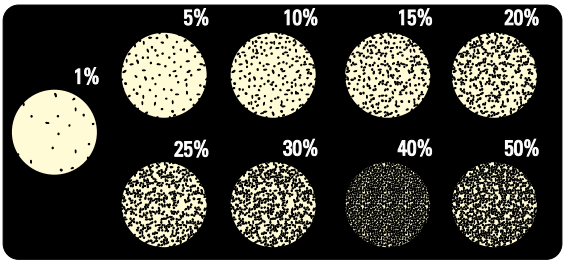



Fig. 8 *Quantificação porcentual utilizada nas análises em lupa binocular*

provável que 95%, ou mais, dos concentrados estudados sejam constituídos por esses minerais. E, por serem freqüentes nos concentrados, o leitor se familiarizará com eles rapidamente, sendo sua determinação efetuada de modo essencialmente visual. Já para os grãos minerais mais difíceis de serem identificados, pode-se, ainda, recorrer a uma série de propriedades dos minerais, como: suas propriedades ópticas em luz transmitida, estudadas em lâminas de grãos, denominadas frottis, no microscópio petrográfico e em luz refletida em seções polidas no microscópio metalográfico; suas cores de fluorescência ao ultravioleta e suas reações a alguns testes químicos específicos. Métodos como difração por raios X, microssonda eletrônica e MEV-EDS podem ser adotados quando os outros métodos não permitirem o reconhecimento do mineral.

## Associações de minerais pesados

Certas associações de minerais pesados são bastante características e permitirão reconhecer, na área que está sendo investigada, a presença de determinados tipos de depósitos minerais, ou inferir a existência de alguns tipos rochosos bastante peculiares, favorecendo, em ambos os casos, as interpretações geológicas. Os Quados 3 e 4 a seguir apresentam algumas das associações de minerais pesados (econômicos ou não) relacionadas aos principais tipos de rochas encontradas na crosta terrestre.

Em linhas gerais, pode-se associar a presença nos concentrados de bateia de cromita/magnésiocromita com os

Quadro 3 Minerais derivados das rochas ígneas

| Rocha | Minerais econômicos | Acessórios dominantes |
|---|---|---|
| Granito | Ilmenita, rutilo, zircão, monazita | Magnetita, titanita, piroxênios, anfibólios, apatita, allanita, fluorita, granada |
| Granito a metais raros | Cassiterita, columbita-tantalita | Microlita, zircão, allanita, topázio, zircão hafnífero, ambligonita |
| Granito com pegmatito a metais raros | Turmalina, cassiterita, água-marinha, columbita/tantalita | Berilo, topázio, espodumênio, petalita, ambligonita, fluorita, torita, zircão hafnífero, gahnita |
| Granito com skarnito | Magnetita, scheelita, cassiterita | Granada, tremolita, wollastonita, vesuvianita, diopsídio, escapolita |
| Granito com depósito hidrotermal | Ouro, cinábrio | Barita, siderita |
| Granito com greisen | Wolframita, cassiterita | Topázio, fluorita, zinnwaldita |
| Sienito | Rutilo, ilmenita, zircão, coríndon, monazita, columbita | Magnetita, apatita, eudialita, titanita, fluorita, piroxênios, anfibólios, perovskita |
| Gabro e diabásio | Ilmenita, leucoxênio, titano-magnetita | Diopsídio-augita, hiperstênio, apatita, espinélio, anfibólio |
| Piroxenito, dunito, peridotito, serpentinito | Platina, iridiosmium, cromita, ilmenita, titano-magnetita | Olivina, bronzita, diopsídio-augita, magnetita, granada cromoespinélio, anfibólio |
| Kimberlitos / lamproítos | Diamante | Picroilmenita, cromodiopsídio piropo, cromita, espinélio, flogopita, magnetita, turmalina, zircão, rutilo |
| Rocha ultrabásica com carbonatito | Pirocloro, apatita, tântalo-niobatos, anatásio, flogopita, ilmenita, titanomagnetita | Magnetita, perovskita, forsterita, titanoaugita, titanita, espinélio, anfibólio |

*Adaptada de Smirnov (1971).*

Quadro 4 Litotipos *versus* associações minerais

| Rocha | Associação |
|---|---|
| Xistos e gnaisses pelíticos | Ilmenita, almandina, sillimanita, cianita, estaurolita |
| Calcários metamórficos | Diopsídio, espinélio |
| Rochas metabásicas (fácies xisto verde) | Actinolita, epídoto, hornblenda, clorita, granada |
| Rocha calciossilicática | Diopsídio, tremolita-actinolita, granada, scheelita |
| Anfibolitos | Hornblenda, ilmenita |
| Exalitos | Quartzo-dravita; quartzo-espessartita; quartzo-gahnita |

tipos ultrabásicos, de cassiterita com zonas greisenizadas/albitizadas, ou com granitos a metais raros. A scheelita é, em princípio, excelente indicador da ocorrência de rochas calciossilicáticas/escarnitos na área estudada, bem como pode ser um indicador da presença de zonas de cisalhamento auríferas, funcionando como mineral traçador estratégico ou tático (Pereira, 2003).

Algumas características dos grãos encontrados em um concentrado de bateia podem contribuir para as interpretações sobre a proximidade (ou não) da área fonte do material estudado. Entre elas, podem-se relacionar as formas dos grãos, como a existência de cristais ou de faces cristalinas preservadas nos grãos minerais, seu grau de arredondamento e esfericidade ou o reconhecimento, nas amostras, de minerais de baixa dureza ou de patente fragilidade. Assim, a determinação, no concentrado, de minerais com formas cristalinas preservadas total ou parcialmente, ou no caso da existência na amostra de grande concentração de grãos angulosos (o que denotaria pouco transporte pela corrente) poderiam ser considerados critérios para se apontar a proximidade da área fonte do mineral. Minerais considerados frágeis (e.g., galena, piromorfita, esfalerita etc.), i.e, sem capacidade de resistir ao transporte (abrasão) pela corrente, em virtude de sua partição (clivagem) (e.g., galena) ou por causa de sua baixa dureza (e.g., scheelita, apatita etc.), também poderiam ser indicadores da maior proximidade da área fonte.

Convém, entretanto, alertar que a scheelita, apesar de sua relativa fragilidade, pode sofrer transporte pela corrente fluvial por distâncias consideráveis, da ordem de várias dezenas de quilômetros. Águas túrbidas ou um regime hidráulico turbulento em razão do gradiente da drenagem ou do aumento do volume do caudal produzido por chuvas intensas, podem induzir os grãos minerais a uma suspensão mecânica forçada, ocasionando diminuição no desgaste das partículas transportadas pela corrente.

A dispersão dos minerais pesados pode não acompanhar o tradicional modelo de diluição de anomalias geoquímicas, que decaem corrente abaixo, à medida que se distanciam das áreas-fonte (Fig. 9). Por exemplo, no caso do ouro e da cassiterita, suas concentrações podem ser

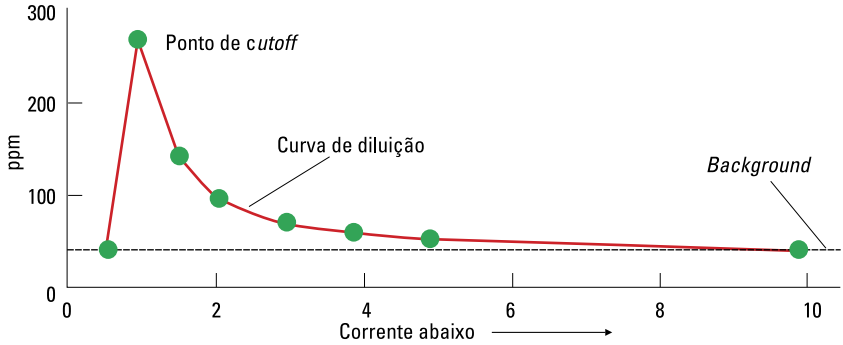



Fig. 9 *O tradicional modelo de diluição geoquímica*

acentuadas, em virtude da existência de sítios favoráveis (trapas) à captura desses minerais, o que provocará falsas anomalias corrente abaixo. Dessa forma, o efeito produzido é inverso ao esperado (Fig. 10).

Sendo assim, os critérios mencionados devem ser adotados com cautela e considerados apenas como uma primeira aproximação para as interpretações geológicas.

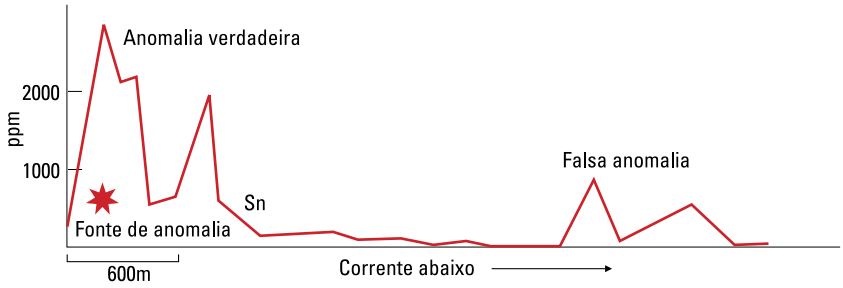



Fig. 10 *Falsas anomalias produzidas por trapas que aprisionam os minerais pesados no leito da drenagem (adaptado de Fletcher, 2000)*

Página em Branco

# Guia dos minerias em grãos pesados

Nesta seção, considerada a mais importante da presente obra, procurou-se reproduzir, o mais fielmente possível, como visto em lupa binocular, as cores e as formas dos mais importantes minerais pesados em grãos (tamanhos entre 0,5 mm e 1,0 mm), encontrados nas diversas amostras coletadas em território brasileiro e estudadas por um dos autores (R. M. Pereira).

Nem todas as unidades da Federação estão representadas, porém todas as cinco regiões geográficas brasileiras têm amostras de, pelo menos, um de seus Estados constituintes. De modo geral, há concentrados de minerais pesados de quase todos os Estados do Norte: Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima e Amapá; do Centro-Oeste: Goiás e Mato Grosso; do Nordeste: Piauí, Paraíba e Bahia; do Sudeste: Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo; e do Sul: Paraná.

A ordem de apresentação, como já foi mencionado, segue o grau de suscetibilidade magnética do grão mineral, ou seja, do mais magnético (a magnetita, que é ferromagnética), passando pelos de suscetibilidade entre 0,3A e amperagem máxima (os denominados minerais paramagnéticos), culminando nos minerais desprovidos de magnetismo ou diamagnéticos. Há, também, em cada faixa, um ordenamento segundo a freqüência ou a abundância com que o mineral ocorre na natureza. Assim, seqüencialmente, são apresentados primeiro os mais abundantes e mais freqüentes, seguidos dos minerais menos abundantes ou menos freqüentes.

Encerrando a seqüência de pranchas que retratam os minerais mais comuns, seguem as que contêm alguns minerais de ocorrência mais rara, ou restrita, nos concentrados.

# *Magnetite*

## Composição química

Óxido de ferro ($Fe^{2+}Fe_2^{3+}O_4$)

## Sistema cristalino

Cúbico: apresenta estrias nas faces do cristal.

## Principais formas

Geralmente em octaedros; também em massas sem formas; em esferulitos.

## Principais características

Cor: as cores mais freqüentes são ocre, preta e diversos tons de marrom. Mineral opaco.

Dureza: 5,5 a 6,5.

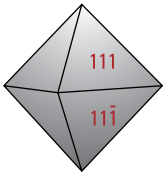
Densidade: 4,9 a 5,2.

Brilho: metálico.

Clivagem/fratura: clivagem variável.

Suscetibilidade magnética: mineral ferromagnético. Atraído pelo ímã de mão.

Principal Forma do




## Ocorrência

Associada a quase todos os tipos petrográficos, portanto é um mineral bastante comum em concentrados de bateia. A magnetita é um mineral primário de alta temperatura. Presente em rochas ultrabásicas e básicas (magnetita titanífera); em kimberlitos; em rochas eruptivas de qualquer composição química; em granitos do tipo-I e tipo-A; em depósitos de metassomatismo de contato; em rochas metamórficas e em sedimentos em geral. A magnetita também é encontrada sob a forma de pequenos esferulitos (bilhas) de cor preta, ocre, ou cinza-aço bem brilhante. A origem desses esferulitos pode estar relacionada a contaminações ambientais ou corresponder a material de origem extraterrestre. Nessa última situação poderiam ser considerados critérios diagnósticos as presenças de troilita (FeS), níquel e irídio.

## Confusões possíveis

Com a cromita, porém esta tem magnetismo mais fraco.

*Octaedros de magnetita martitizados.*
*Cajati, São Paulo*

*Esferulitos de magnetita. Quatis,*
*Rio de Janeiro*

# Ilmenita

## *Ilmenite*

### Composição química

Óxido de titânio e ferro ($Fe^{2+}Ti\ O_3$)

### Sistema cristalino

Trigonal-romboédrico.

### Principais formas

Em romboedros ou cristais achatados com formas hexagonais. Geralmente encontrada em grãos sem forma definida ou em grãos tabulares.

### Principais características

Cor: a mais freqüente é a preta. Mineral opaco.

Dureza: 5,5 a 6.

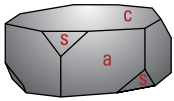
Densidade: de 4,4 a 4,8, variável de acordo com o teor de ferro.

Brilho: metálico. As variedades mais enriquecidas em Mg (picroilmenita) apresentam brilho tendendo para o vítreo, lembrando o antracito (carvão).

Clivagem/fratura: inexistente/conchoidal a irregular.

Suscetibilidade magnética: atraída ao separador eletromagnético Frantz em 0,3A.

Principal Forma do




### Ocorrência

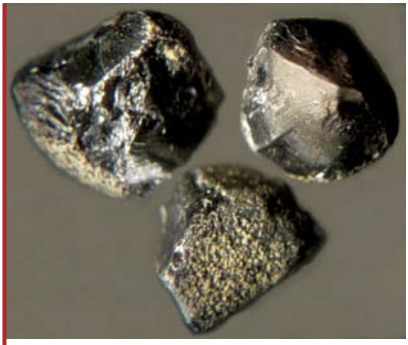
Mineral bastante comum a todas as rochas: magmáticas, metamórficas e sedimentares. Freqëntе nos aluviões. Mineral característico dos granitos do tipo-S. A ilmenita magnesiana (10% MgO) representa um dos principais minerais satélites do diamante, estando relacionada a kimberlitos. Ocorre nos depósitos litorâneos de Mataraca (PB), Matarazes e Guarapari (ES) e Buena (RJ) onde corresponde a um dos principais componentes das areias pretas.

### Confusões possíveis

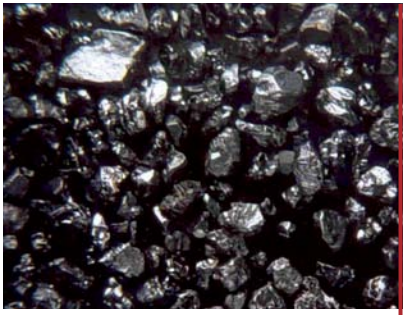
Os grãos tabulares podem ser confundidos com a columbita-tantalita, porém esta é atraída em 0,5A. Os grãos mais irregulares podem ser confundidos com a magnetita, mas esta é ferromagnética (atraída pelo ímã de mão). Freqüentemente os grãos de ilmenita encontram-se recobertos por uma crosta de alteração, de aspecto terroso e brilho ceroso, de cor esbranquiçada ou amarelo-palha a creme, de leucoxênio ($TiO_2$). Na dúvida realizar o teste microquímico do Ti*.

** Após fundir o pó do mineral com bórax em fio de platina, dissolver o grão em água destilada, acidular com ácido sulfúrico 1/1, adicionar algumas gotas de água destilada e pingar algumas gotas de água oxigenada. A solução tomará uma cor alaranjada.*

*Cristais de ilmenita.*
*Cruzeiro, São Paulo*

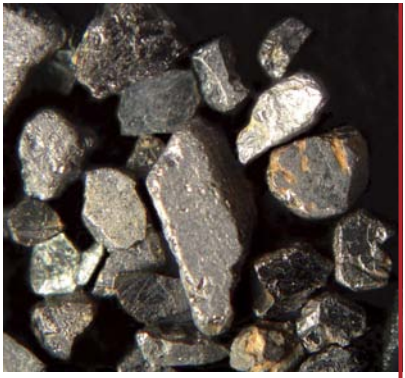


*Cristais de picroilmenita. Piumhi,*
*Minas Gerais*



*Concentrado de grãos de ilmenita.*
*Mataraca, Paraíba*

*Grãos de ilmenita alterados para leucoxênio. Angra dos Reis,*
*Rio de Janeiro.*



*Cristais de ilmenita. Cruzeiro,*
*São Paulo*

# *Garnet group*

## Composição química

$A_3B_2(SiO_4)_3$

Piropo (*pyrope*): $Mg_3Al_2(SiO_4)_3$; Almandina (*almandite*): $Fe^{2+}_3Al_2(SiO_4)_3$; Grossulária (*grossularite*): $Ca_3Al_2(SiO_4)_3$; Andradita (*andratite*): $Ca_3Fe_2(SiO_4)_3$; Espessartita (*spessartite*): $Mn^{2+}_3Al_2(SiO_4)$; Uvarovita (*uvarovite*): $Ca_3Cr_2(SiO_4)_3$

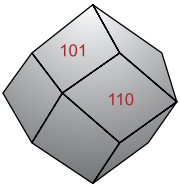
## Sistema cristalino

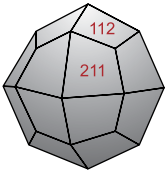
Cúbico.

## Principais Formas dos Cristais

## Principais formas

Geralmente em dodecaedros ou trapezoedros.




## Principais características

Cor: mineral transparente cujas cores mais freqüentes são vermelha, laranja e rosa. A granada de cor violeta corresponde, normalmente, ao cromo piropo. A granada verde, uvarovita, é cromífera.

Dureza: 6,5 a 7,5.

Densidade: 3,51 a 4,25.

Brilho: vítreo a resinoso.

Clivagem/fratura: fratura subconchoidal a inexistente.

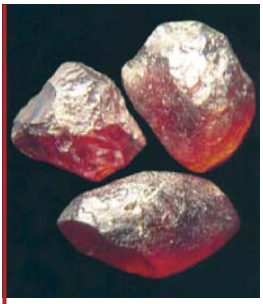
Suscetibilidade magnética: atraída em 0,4A no separador eletromagnético Frantz. O piropo é atraído em 0,6A.

## Ocorrência

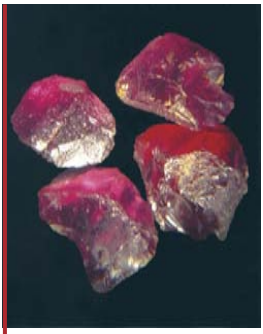
Mineral comum em rochas da crosta e, portanto, bastante freqüente em aluviões. A grossulária é especialmente característica de calcários impuros afetados por processos ígneos ou metamórficos. A almandina é comum em micaxistos e rochas metamórficas que contenham alumina e ferro. O piropo está relacionado a rochas ultrabásicas, peridotitos, dunitos, serpentinitos e kimberlitos. A espessartita ocorre em rochas graníticas e sedimentos manganesíferos metamorfizados. A andradita (melanita de cor preta) encontra-se associada às rochas eruptivas, em especial com nefelina e leucita. A uvarovita está associada à cromita em serpentinitos.

## Confusões possíveis

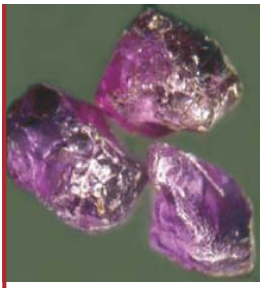
Em fragmentos angulosos pode ser confundida com a estaurolita, porém esta é atraída em uma faixa de amperagem correspondente a 0,6A. Além disso, a granada é isotrópica.



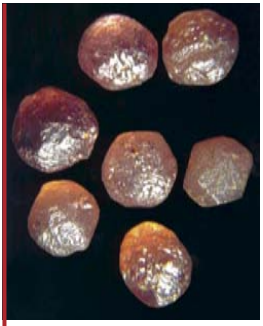
*Piropo. Gilbués, Piauí*



*Piropo. Piumhi, Minas Gerais*

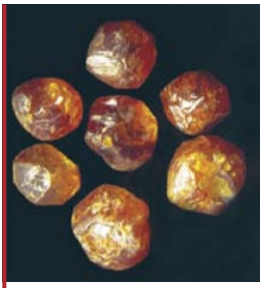


*Piropo. Juína, Mato Grosso*

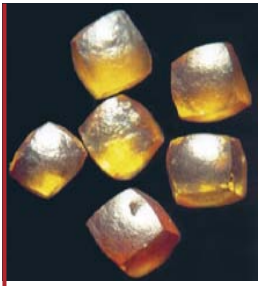


*Almandina. Galiléia, Minas Gerais*

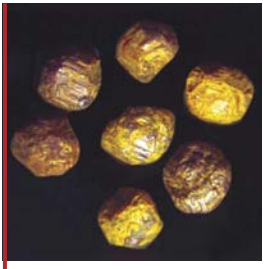
*Fragmentos de almandina. Divino das Laranjeiras, Minas Gerais*



*Espessartita. Galiléia, Minas Gerais*



*Granada em cubos. Mucajaí, Roraima*



*Granada parcialmente limonotizada. Divino das Laranjeiras, Minas Gerais*

*Granada (grossulária?). Caranaíba, região de Conselheiro Lafaiete, Minas Gerais*

# Cromita/Magnésiocromita

## *Chromite/Magnesiochro-*

### Composição química

Cromita: óxido de ferro e cromo ($Fe^{2+}Cr_2O_4$)

Picotita: óxido de ferro, magnésio e cromo (magnesiocromita) (Mg, Fe) $(Cr, Al)_2O_4$.

### Sistema cristalino

Cúbico.

### Principais formas

Em octaedros.

### Principais características

Cor: as mais freqüentes são preta (cromita) e castanho-escura (picotita). Mineral opaco.

Dureza: 5,5 a 6,5.

Densidade: 4,3 a 4,8.

Brilho: metálico.

Clivagem/fratura: nenhuma/conchoidal.

Suscetibilidade magnética: atraída ao separador eletromagnético Frantz, principalmente em 0,4A.

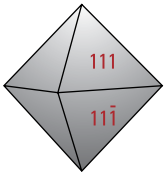
### Ocorrência

Por ser um mineral de alta temperatura, esse espinélio cromífero encontra-se essencialmente relacionado às rochas ultrabásicas (peridotitos e serpentinitos). É também um dos principais indicadores minerais dos kimberlitos e lamproítos. Pouco freqüente em aluviões.

### Confusões possíveis

Com octaedros de magnetita, porém esta é atraída ao ímã de mão. Se necessário, efetuar o teste do cromo*. A fratura conchoidal da cromita e da magnesiocromita apresenta brilho submetálico e cor preta azeviche. A magnésiocromita é mais abundante que a cromita

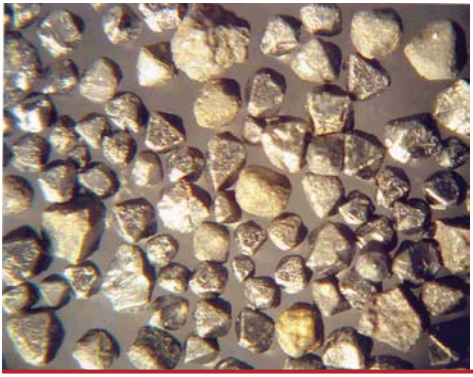
Principal Forma do




** Após fundir o pó do mineral com bórax em fio de platina, dissolver o grão em água destilada, acidular com ácido sulfúrico 1/5, filtrar e pingar algumas gotas de solução alcoólica de difenilcarbazida no papel filtro. Uma mancha violácea será formada.*

*Cromita. Serra de Bom Sucesso, Minas Gerais*

*Cromita e kameririta (porção micácea, rosada: é uma clorita com cromo). Campo Formoso, Bahia*



*Concentrado de cromita. Igarapé Samacá, Amapá*

# Grupo da wolframita

## *Wolframite group*

### Composição química

Tungstato de ferro e manganês $(Fe,Mn)WO_4$.

### Sistema cristalino

Monoclínico

### Principais formas

Em cristais prismáticos, mais ou menos alongados; em tabletes ou massiva. As faces do prisma são estriadas verticalmente.

### Principais características

Cor: mineral translúcido a opaco cujas cores mais freqüentes variam de preta (ferberita - $FeWO_4$) a castanho-avermelhada/castanho-amarelada (huebnerita - $MnWO_4$).

Dureza: 4 a 4,5.

Densidade: 7,1 a 7,5.

Brilho: resinoso (huebnerita) a submetálico (ferberita).

Clivagem/fratura: clivagem boa e bem visível.

Suscetibilidade magnética: é atraída principalmente em 0,4A.

### Ocorrência

Nos filões de quartzo de alta temperatura relacionados a granitos leucocráticos ela se encontra associada, entre outros, à cassiterita, à molibdenita, à calcopirita, à arsenopirita e à scheelita; nos greisens sua associação se faz, sobretudo, com a cassiterita, o topázio e a turmalina. Encontrada em colúvios de São Félix do Xingu (MT) e Itinga (MG).

### Confusões possíveis

Com a ilmenita (atraída em 0,3A) e com a columbita-tantalita (atraída em 0,5A). Esses minerais, porém, não apresentam boa clivagem. Melhor caracterizada pelo teste microquímico específico da wolframita*.

** Colocar o grão em uma placa de petri, adicionar três gotas de ácido fosfonolítico e de água destilada, aquecer por cerca de 20 minutos. Em torno do grão aparecerá um halo violeta.*

*Wolframita. São Félix do Xingu, Pará*

# Limonita/Goethita

## *Limonite/Goethite*

### Composição química

Limonita: hidróxido de ferro [$FeO.(OH).nH_2O$] (corresponde a uma mistura de goethita e lepidocrocita).

Goethita: hidróxido de ferro.

### Sistema cristalino

Limonita: amorfo. Goethita: ortorrômbico.

### Principais formas

Massiva, mamelonar, pisolítica, oolítica, terrosa, pulverulenta.

### Principais características

Cor: as mais freqüentes são castanho-clara, castanho-escura, ocre amarelada e marrom amarelada.

Dureza: 5 a 5,5 (goethita) e 5 a 5,5 (limonita).

Densidade: 4,37 (goethita) e 3,6 a 4,0 (limonita).

Brilho: terroso, graxo ou resinoso.

Clivagem/fratura: inexistente/irregular ou conchoidal para as massas compactas.

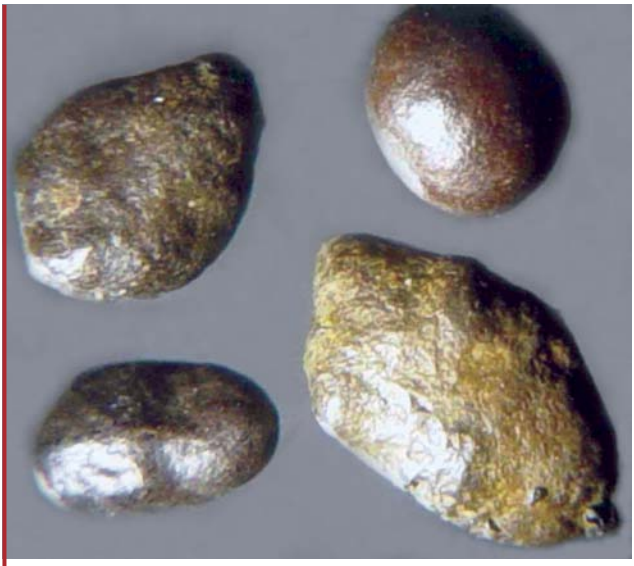
Suscetibilidade magnética: atraída em 0,4A e 0,5A.

### Ocorrência

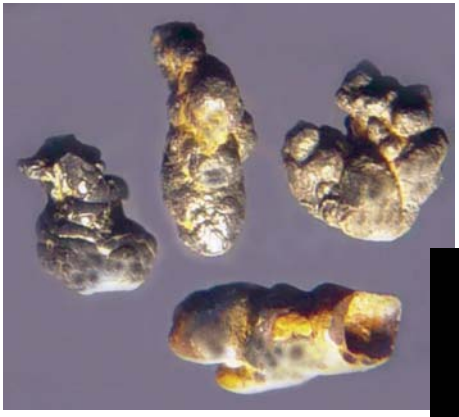
Mineral secundário resultante da decomposição de diversos minerais contendo ferro. Onipresente em aluviões brasileiros, em virtude dos intensos processos de laterização que ocorreram em nosso território. Pode derivar de zonas oxidadas (gossans) de depósitos de sulfetos.

### Confusões possíveis

Eventualmente com as crostas de leucoxênio que recobrem os minerais de titânio.



*Limonita. Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais*



*Goethita botrioidal. Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais*

# Biotita

## *Biotite*

### Composição química

Mica de ferro, magnésio e potássio
$[K\ (Mg, Fe)_3AlSi_3O_{10}\ (OH)_2]$

### Sistema cristalino

Monoclínico.

### Principais formas

Em cristais pseudo-romboedrais (hexagonais), em lamelas.

### Principais características

Cor: as mais freqüentes são preta, marrom e castanho-dourada (hidrobiotita/vermiculita).

Dureza: 2,5 a 3.

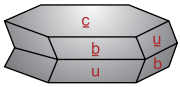
Densidade: 2,7 a 3,3.

Brilho: vítreo.

Clivagem/fratura: basal, muito fácil de desplacar/inexistente.

Suscetibilidade magnética: atraída no separador Frantz em 0,5A.

Principal Forma do

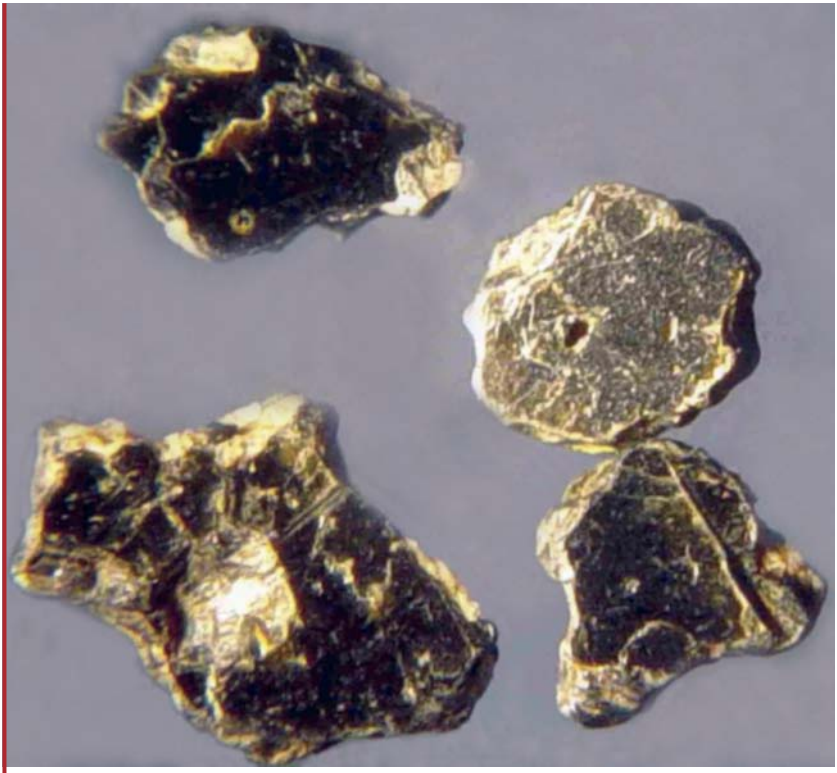



### Ocorrência

Em grande variedade de rochas. Comum em depósitos aluvionares recentes.

### Confusões possíveis

Com a flogopita. A vermiculita (hidrobiotita) quando aquecida mostra-se expansiva.



*Biotita. Jacupiranga, São Paulo*

# Xenotímio

## *Xenotime*

### Composição química

Fosfato de ítrio ($YPO_4$).

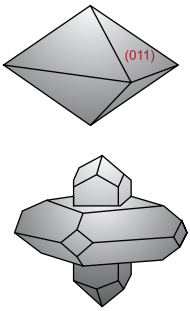
### Sistema cristalino

Tetragonal, quadrático.

### Principais formas

Em bipirâmides achatadas e, com menos freqüência, em prismas quadráticos semelhantes aos do zircão. Às vezes ocorre intercrescida com o zircão.

Principal Forma do




### Principais características

Cor: mineral transparente a translúcido, cujas cores freqüentes são a amarelada, amarronzada e, mais raramente, esverdeada.

Dureza: 4 a 5.

Densidade: 4,4 a 5,1.

Brilho: resinoso ou vítreo.

Clivagem/fratura: inexistente/irregular.

Suscetibilidade magnética: atraído em 0,5A.

### Ocorrência

Em granitos e pegmatitos. Nos granitos alcalinos encontra-se associado à cassiterita e à columbita. Mineral quase sempre presente em amostras de aluviões.

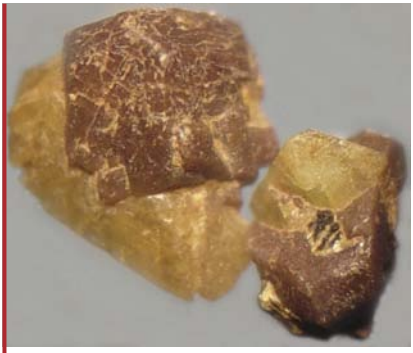
### Confusões possíveis

Com o zircão, porém este não é atraído ao Frantz; com a monazita, porém esta é biaxial.

*Xenotímio. Bocaina de Minas, Minas Gerais*

*Xenotímio. Rio Mucajaí, Roraima*

*Xenotímio. Igarapé Panelas, Amapá*



*Xenotímio intercrescido com zircão. Lavra Golconda, Governador Valadares, Minas Gerais*

# Grupo da hornblenda

## *Hornblende group*

### Composição química

Silicato de ferro, magnésio, alumínio, cálcio e sódio $[Ca_2Na\ (Mg,Fe^{+2})_4(Al,Fe^{+3},Ti)_3Si_6O_{22}(O,OH)_2]$.

### Sistema cristalino

Monoclínico.

### Principais formas

Em cristais prismáticos (alongados segundo o eixo c); fibrosa, acicular.

### Principais características

Cor: mineral transparente, cujas cores freqüentes são a verde-escura e a preta.

Dureza: 5 a 6.

Densidade: 3 a 3,5.

Brilho: vítreo.

Clivagem/fratura: em ângulos variando de 56 a 124º/irregular.

Suscetibilidade magnética: atraído em 0,5A.

### Ocorrência

Em rochas magmáticas e metamórficas. Freqüente em depósitos de sedimentos recentes; rara em depósitos antigos em virtude de seu grau de alteração.

### Confusões possíveis

Com a turmalina, porém esta é uniaxial e não tem clivagem. Em tons verdes mais claros, pode confundir-se com a actinolita.

*Hornblenda. Cajati, São Paulo*

# Grupo da turmalina

## *Tourmaline group*

### Composição química

Alumino silicato complexo de boro $WX_3B_3Al_3(AlSi_2O_9)_3(O,OH,F)_4$ W = Na, Ca.
X = Al, $Fe^{+3}$, Li, Mg

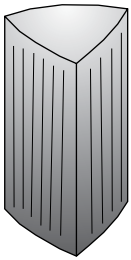
### Sistema cristalino

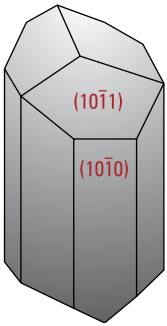
Romboédrico.

### Principais formas

Prismas trigonais.

Principal Forma do






### Principais características

Cor: mineral transparente, cujas cores freqüentes são a preta (schorl), castanha (dravita), rosa (elbaíta rubelita), verde (elbaíta verdelita) e azul (elbaíta indicolita).

Dureza: 7 a 7,5.

Densidade: 2,9 a 3,25.

Brilho: vítreo.

Clivagem/fratura: não observada/conchoidal.

Suscetibilidade magnética: atraída em 0,5A (*schorl*). A dravita pode ser encontrada em 0,8A e até na fração não-atraída.

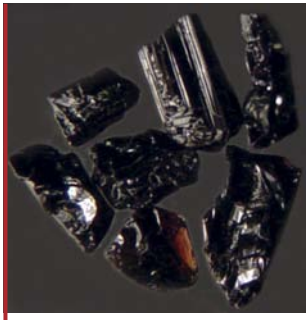
### Ocorrência

Associadas aos pegmatitos graníticos, granitos (Fe- e Li-turmalinas: schorl e elbaíta), filões pneumatolíticos, calcários metamórficos; sedimentos de origem marinha, turmalinitos (rochas exalíticas) e evaporitos (Mg-turmalina: dravita). Mineral bastante freqüente em aluviões. Entretanto as gemas só são encontradas em aluviões (e.g., Coronel Murta, MG) e coluviões (e.g., Barra de Salinas, MG).

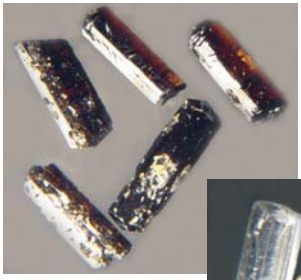
### Confusões possíveis

Com piroxênios e anfibólios, porém estes são biaxiais enquanto a turmalina é uniaxial.

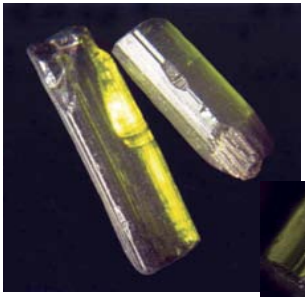
*Turmalinas coloridas e incolor (elbaítas) e incolor. Linópolis, Minas Gerais*

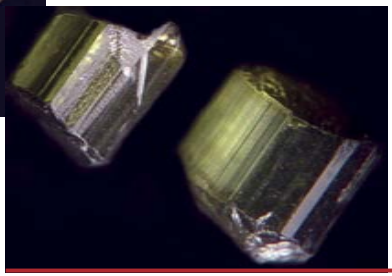


*Fragmentos de turmalina. Linópolis, Minas Gerais*



*Turmalina fumê (dravita). Linópolis, Minas Gerais*





*Turmalinas (verdelita). Lavra Golconda, Governador Valadares, Minas Gerais*

# Epídoto

## *Epidote*

### Composição química

Epídoto – $Ca_2(Al,Fe)_3(SiO_4)_3(OH)$

### Sistema cristalino

Ortorrômbico (zoisita); monoclínico (clinozoisita e epídoto).

### Principais formas

Cristais prismáticos, com faces estriadas.

### Principais características

Cor: mineral transparente a translúcido, cujas cores freqüentes são castanho-amarelada, verde-amarelada e verde pistache.

Dureza: 6 a 7.

Densidade: 3,2 a 3,5.

Principal Forma do

Brilho: vítreo ou resinoso.

Clivagem/fratura: perfeita paralela ao elongamento dos grãos/irregular.

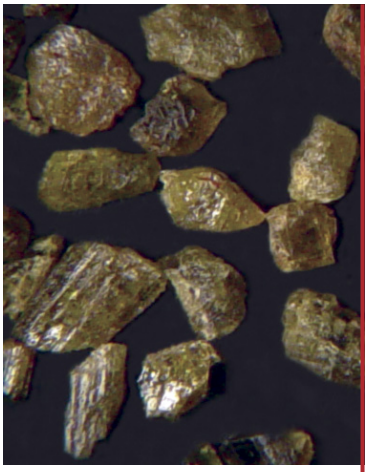
Suscetibilidade magnética: atraído em 0,5A no separador eletromagnético Frantz.

### Ocorrência

Mineral indicador de condições hidrotermais; pode ser proveniente do metamorfismo de rochas básicas. Cristaliza em todas as condições de metamorfismo regional; indicador geral de condições retrometamórficas. Mineral bastante comum em aluviões.

### Confusões possíveis

Com minerais do mesmo grupo, como a zoisita $[Ca_2Al_3(SiO_4)_3(OH)]$ e a clinozoisita $[-Ca_2Al_3(SiO_4)3(OH)]$. Além disso, pode ser, eventualmente, confundido em rápida análise, com outros minerais esverdeados, como a augita e o diopsídio. Entretanto, a cor verde desses minerais difere bastante da do epídoto. Além disso, opticamente, esses minerais são biaxiais positivos, enquanto o epídoto é negativo. Fluoresce ao UV sem filtro.



*Epídoto. Rio das Mortes, São João del Rei, Minas Gerais*

*Epídoto. Barra do Azeite, Cajati, São Paulo*

*Epídoto. Capivari-Pardo, Paraná*

# Grupo do espinélio

## *Spinel group*

### Composição química

Óxido de alumínio e magnésio ($Fe^{+2}$/Zn /Mn/Mg) $Al_2O_4$.

### Sistema cristalino

Cúbico.

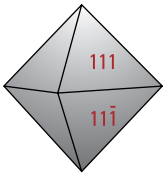
### Principais formas

Octaédrica.

### Principais características

Cor: mineral transparente, cujas cores freqüentes são verde e preta (correspondendo ao espinélio de Fe, pleonasto); cinza (correspondendo aos espinélios magnesianos); verde-azulada e verde-escuro (correspondendo ao espinélio de zinco, gahnita) e incolor. Os espinélios com algum Cr têm cores rosa e vermelha.

Principal Forma do




Dureza: 7,5 a 8.

Densidade: 3,5 a 4,6.

Brilho: vítreo.

Clivagem/fratura: nenhuma/irregular a conchoidal.

Suscetibilidade magnética: atraído ao separador Frantz entre 0,5A e 0,8A para os espinélios verdes; de 0,5 até não-atraída para os demais tipos.

### Ocorrência

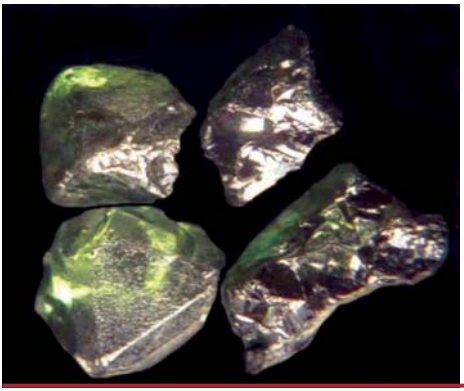
Mineral de alta temperatura associado a rochas básicas e ultrabásicas. Associado a calcários metamórficos e, em certas regiões, a rochas de metamorfismo de contato e xistos aluminosos.

### Confusões possíveis

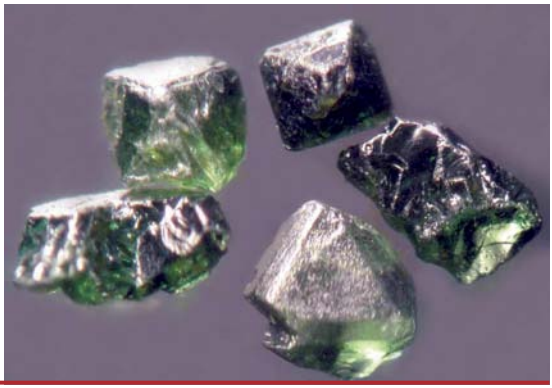
Com o anatásio (azul) e o coríndon (cinza), porém esses minerais não são isotrópicos.

*Espinélio. Bom Jesus de Itabapoana, Rio de Janeiro*

*Espinélio azul. Rio Mucajaí, Roraima*



*Espinélio. Diamantino, Mato Grosso*



*Espinélio. Guiricema, Minas Gerais*

# Diopsídio/Hedembergita

## *Diopside/Hedembergite*

### Composição química

Diopsídio ($CaMgSi_2O_6$) - piroxênio cálcico

Hedembergita ($CaFeSi_2O_6$)

### Sistema cristalino

Monoclínico.

### Principais formas

Cristais prismáticos. Em aluviões, em grãos algo arredondados.

### Principais características

Cor: mineral transparente. Incolor ou, mais comumente, verde. Uma forte cor verde brilhante, no caso dos cromodiopsídios.

Dureza: 5 a 6.

Densidade: 3,5 a 3,7.

Brilho: vítreo.

Clivagem/fratura:

Suscetibilidade magnética: atraído em 0,5A.

### Ocorrência

Em xistos e gnaisses calciossilicáticos; em calcários metamórficos. O cromodiopsídio encontra-se associado a kimberlitos.

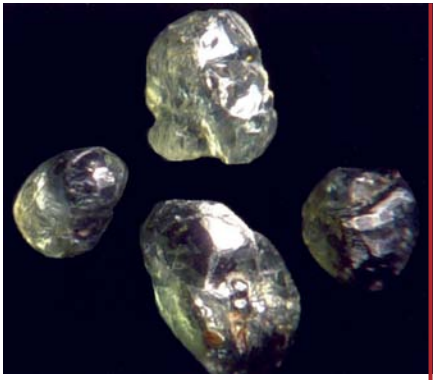
### Confusões possíveis

Com outros tipos de piroxênios (e.g., augita).

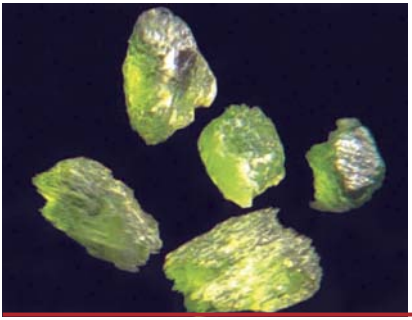
*Cromodiopsídio. Piumhi, Minas Gerais*

*Diopsídio. Angra dos Reis, Rio de Janeiro*

*Cromodiopsídio. Serra da Canastra, Minas Gerais*



*Diopsídio. Quatis, Rio de Janeiro*



*Cromodiopsídio. Juína, Mato Grosso*

# Columbita/Tantalita

## *Columbite/Tantalite*

### Composição química

Óxido de nióbio-tântalo (Fe, Mn) $(Nb \leftrightarrow Ta)_2 O_6$ (série isomórfica).

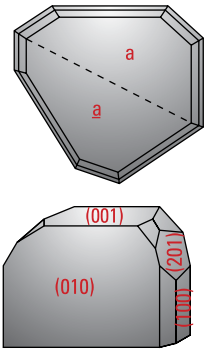
### Sistema cristalino

Ortorrômbico.

### Principais formas

Em prismas curtos e longos terminados, em cristais achatados, em tabletes, com as faces grosseiramente estriadas.

Principal Forma do




### Principais características

Cor: as mais freqüentes são a cinza-aço escura, preta e castanho-escura. Mineral opaco.

Dureza: 6 a 6,5.

Densidade: 5,3 (columbita Nb ↔Ta) a 7,3 (tantalita Ta ↔ Nb).

Brilho: metálico.

Clivagem/fratura: pouco visível/irregular.

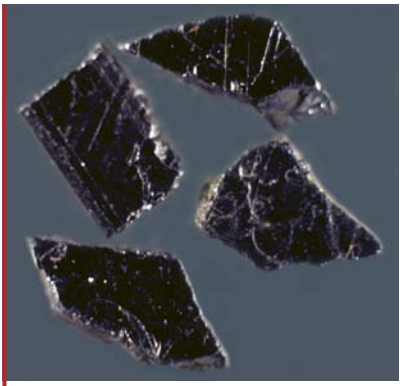
Suscetibilidade magnética: atraída em 0,5A.

### Ocorrência

Encontrada exclusivamente associada a pegmatitos graníticos e granitos a metais raros. Encontrada em aluviões de São João del Rei (MG) e no Igarapé Panelas (AP).

### Confusões possíveis

Quando em fragmentos, pode ser confundida com a wolframita (atraída em 0,4A) e a ilmenita (atraída em 0,3A). Porém os testes específicos do tungstênio e do titânio podem dirimir as dúvidas.

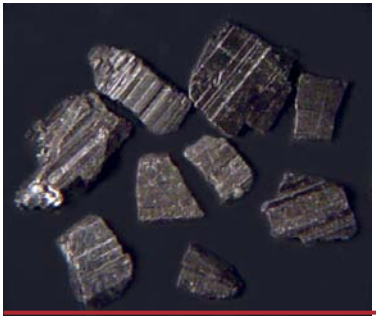


*Columbita-tantalita, Divino das Laranjeiras, Minas Gerais*

*Columbita-tantalita. Nazareno, Minas Gerais*

*Columbita-tantalita. Igarapé Panelas, Amapá*

*Columbita-tantalita. Cassiterita, Minas Gerais*



*Columbita-tantalita. Capivara, Itamonte, Minas Gerais*

# Estaurolita

## *Staurolite*

### Composição química

Alumino silicato de ferro [$Fe^{+2}Al_5Si_2O_{12}(OH)$]

### Sistema cristalino

Ortorrômbico.

### Principais formas

Prismáticas; raramente com maclas em cruz.

### Principais características

Cor: mineral transparente, cujas cores freqüentes são a vermelho-amarronzada, castanho-avermelhada ou amarelada. Os cristais são repletos de inclusões escuras, carbonosas ou de óxidos de ferro.

Dureza: 7 a 7,5.

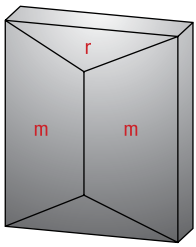
Densidade: 3,4 a 3,8.

Brilho: vítreo.

Clivagem/fratura: rara/subconchoidal.

Suscetibilidade magnética: atraída em 0,6A ao separador eletromagnético Frantz.

Principal Forma do



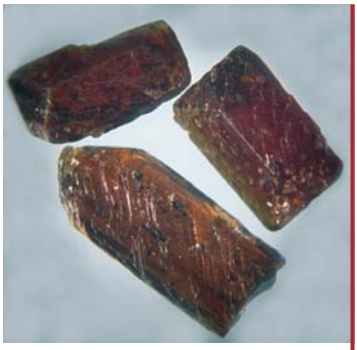

### Ocorrência

Associada a xistos e gnaisses de grau médio de metamorfismo; em auréolas de contato com maciços graníticos. Mineral freqüentemente encontrado em aluviões.

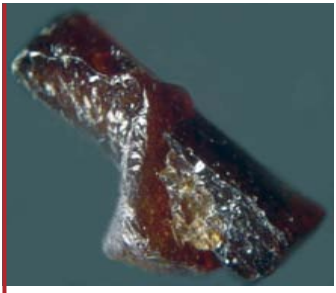
### Confusões possíveis

Quando em fragmentos, pode ser confundida com a granada, porém esta é isotrópica; com a turmalina e com o rutilo, só que estes são uniaxiais.

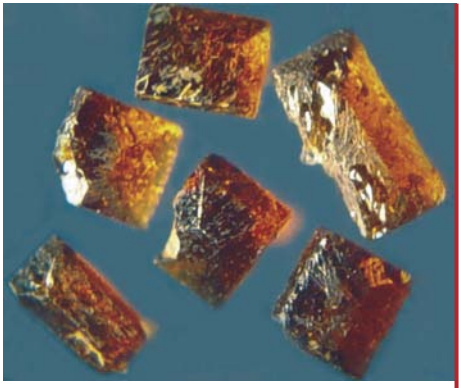
*Estaurolita. Galiléia, Mendes Pimentel, Minas Gerais*



*Estaurolita com inclusões carbonosas e/ou óxidos de Fe. Galiléia, Mendes Pimentel, Minas Gerais*



*Estaurolita. Divino das Laranjeiras, Minas Gerais*



*Estaurolita. Galiléia, Mendes Pimentel, Minas Gerais*

*Estaurolita. Galiléia, Mendes Pimentel, Minas Gerais*

# Grupo da monazita

## *Monazite group*

### Composição química

Fosfato de cério e lantânio (Ce, La, Di)$PO_4$

### Sistema cristalino

Monoclínico.

### Principais formas

Em cristais tabulares ou em cristais prismáticos.

### Principais características

Cor: mineral transparente a translúcido, cujas cores freqüentes são a amarela, castanho-amarelada e amarelo-esverdeada. A monazita cinza ou preta é uma variedade que contém európio.

Dureza: 5 a 5,5.

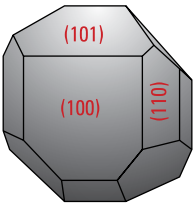
Densidade: 5 a 5,3.

Brilho: vítreo, resinoso ou graxo.

Clivagem/fratura: difícil de ser observada/subconchoidal.

Suscetibilidade magnética: atraída entre 0,6A e 0,8A ao separador eletromagnético Frantz.

Principal Forma do



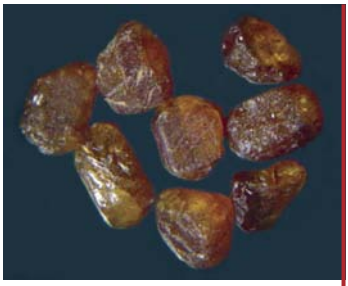

### Ocorrência

Mineral acessório comum em granitos, pegmatitos, granodioritos. Freqüente em amostras derivadas de aluviões e em depósitos de praias (Marataízes e Guarapari, ES e Buena, RJ).

### Confusões possíveis

Com o zircão amarelo, porém este é não atraído ao separador eletromagnético ou ao ímã embuchado e é, opticamente, uniaxial. A monazita fluoresce verde sob a luz ultravioleta sem filtro.

*Monazita. Cambuci, Rio de Janeiro*



*Monazita. Pedra Selada, Rezende, Rio de Janeiro*

*Monazita. Rio Mucajaí, Roraima*

*Monazita. São Félix do Xingu, Mato Grosso*

*Concentrado de monazita. Guarapari, Espírito Santo*

# Tremolita-actinolita

## *Tremolite-actinolite*

### Composição química

Tremolita: anfibólio de cálcio e magnésio [$Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$].

Actinolita: anfibólio de cálcio e ferro [$Ca_2Fe_5Si_8O_{22}(OH)_2$].

### Sistema cristalino

Monoclínico.

### Principais formas

Em cristais alongados; fibrosa (quando tendendo para o amianto); com hábito acicular.

### Principais características

Cor: mineral transparente. Incolor (tremolita) ou, mais freqüentemente, verde-pálido (actinolita).

Dureza: 5 a 6.

Densidade: 3 a 3,3.

Brilho: vítreo.

Clivagem/fratura: em ângulo entre 56 e 124º/subconchoidal a irregular.

Suscetibilidade magnética: 0,8A a 1A (actinolita) a não atraída ao separador eletromagnético Frantz (tremolita).

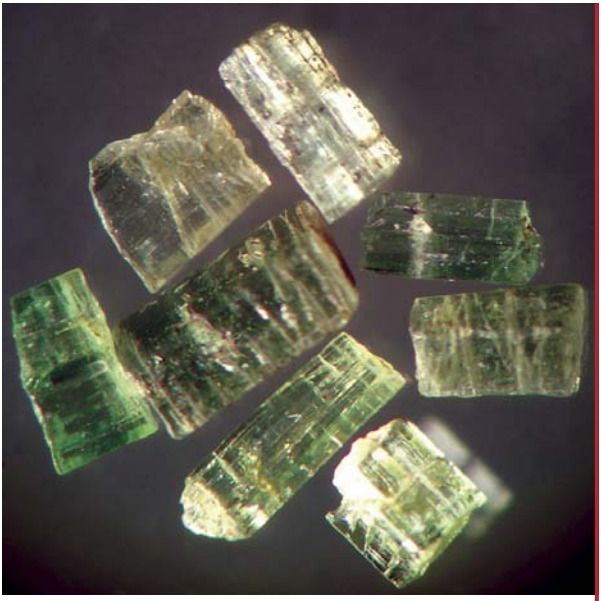
### Ocorrência

Associado a xistos, serpentinitos, talco-xistos e rochas calciossilicáticas. Pouco freqüente em amostras de aluviões.

### Confusões possíveis

Com os demais minerais esverdeados. O hábito acicular permitirá a distinção em relação aos demais minerais verdes.

*Tremolita-actinolita. Córrego Papagaio, Caranaíba, Conselheiro Lafaiete, Minas Gerais*



*Tremolita-actinolita. Barra do Azeite, Cajati, São Paulo*

# Titanita

## *Sphene*

### Composição química

Silicato de cálcio e titânio ($CaTiSiO_5$)

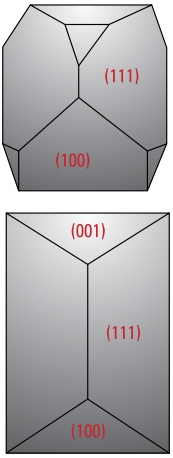
### Sistema cristalino

Monoclínico.

### Principais formas

Em cristais achatados, que lembram a forma de cunha.

### Principais Formas dos Cristais




### Principais características

Cor: mineral transparente a translúcido, cujas cores freqüentes são: amarelo-mel e castanha.

Dureza: 5 a 5,5.

Densidade: 3,4 a 3,5.

Brilho: adamantino, resinoso ou graxo.

Clivagem/fratura: não visível/conchoidal.

Suscetibilidade magnética: atraída em 1,0A ao separador eletromagnético Frantz.

### Ocorrência

Mineral acessório bastante comum, encontrando-se associado às rochas graníticas, sieníticas e metamórficas em geral. Mineral freqüente em sedimentos.

### Confusões possíveis

Com a cassiterita, porém esta reage ao teste da estanhagem; com a monazita, porém esta pode ser identificada pela fluorescência esverdeada ao ultravioleta sem filtro.

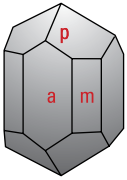
*Titanita. Angra dos Reis, Rio de Janeiro*

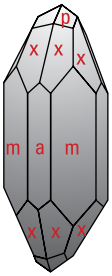
*Titanita. Serra da Mantiqueira, Guaratinguetá, São Paulo*

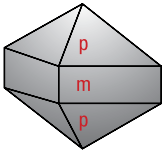
# Zircão

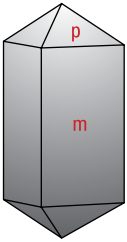
## *Zircon*

### Principais Formas dos Cristais



### Composição química

Silicato de zircônio ($ZrSiO_4$)

### Sistema cristalino

Tetragonal.

### Principais formas

Mais freqüentemente em prismas bipiramidais; mais raramente em bipirâmides ou em cristais flabeliformes.

### Principais características

Cor: mineral transparente a translúcido, cujas cores freqüentes são incolor, branca, branca leitosa, rosa, lilás, amarelada, acinzentada, amarronzada, amarelo-alaranjada, avermelhada (jacinto).

Dureza: 7,5.

Densidade: 4,6 e entre 3,9 e 4,2 para o malacon (zircão metamicto).

Brilho: vítreo, adamantino.

Clivagem/fratura: pouco visível/conchoidal.

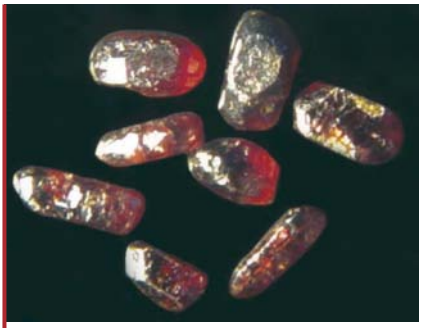
Suscetibilidade magnética: em geral, corresponde a um mineral não atraído ao separador eletromagnético Frantz.

### Ocorrência

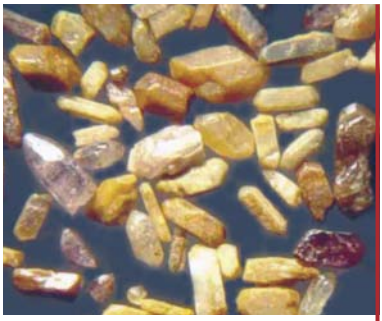
Mineral acessório comum em granitos, pegmatitos e rochas metamórficas em geral. Mineral bastante freqüente em aluviões e depósitos de praias. O tipo com alto conteúdo em háfnio (zircão hafnífero) pode ser encontrado associado a pegmatitos lítio-tantalíferos; granitos tipo-A alcalino, peralcalino e a granitos peraluminosos do tipo-S. Ocorre em Mataraca (PB), Poços de Caldas (MG), Pitinga (AM) e Rio do Peixe (GO).

### Confusões possíveis

Com a torita, porém esta é encontrada em frações entre 0,5A e amperagem máxima (com concentração entre 0,8A e 1A), além de ser radioativa. O zircão amarelo pode ser confundido com a monazita, porém esta é biaxial.



*Zircão (jacinto). Rio das Mortes Pequeno, São João del Rey, Minas Gerais*



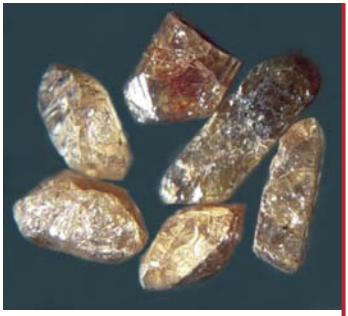
*Zircão. Rio Pirapetinga, Itatiaia, Rio de Janeiro*

*Zircão hafnífero. Mandira, Cananéia, São Paulo*

*Zircão. Pirapetinga, Itatiaia, Rio de Janeiro*

*Zircão hafnífero. Volta Grande, Nazareno, Minas Gerais*

*Zircão. Rio Mucajaí, Roraima*



*Zircão. Padre Paraíso, Minas Gerais*

# Rutilo

## *Rutile*

### Composição química

Óxido de titânio ($TiO_2$)

### Sistema cristalino

Tetragonal.

### Principais formas

Prismática, mais ou menos acicular. Os prismas apresentam-se profundamente estriados, como sulcos. Raramente encontrado nos concentrados com geminação em joelho ou coração.

### Principais características

Cor: mineral transparente a quase opaco, cujas cores freqüentes são preta, vermelha, amarela, castanha.

Dureza: 6 a 6,5.

Densidade: 4,2.

Brilho: submetálico.

Clivagem/fratura: pouco observada/subconchoidal.

Suscetibilidade magnética: não atraído ao separador eletromagnético Frantz.

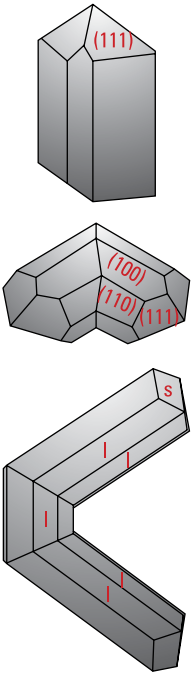
### Ocorrência

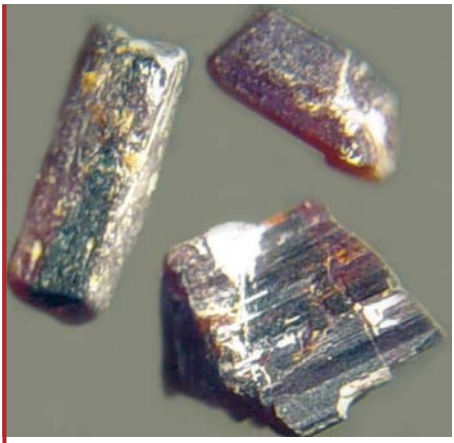
Mineral presente na maior parte das rochas da crosta, sobretudo nas derivadas de metamorfismo regional. Freqüente nas amostras de aluviões e nos depósitos litorâneos. Pode conter Nb e Ta em sua composição, sendo que o ilmenorutilo corresponde ao tipo mais niobífero e a strüverita, ao tipo mais tantalífero.

### Confusões possíveis

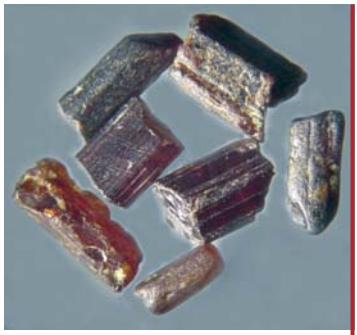
Principalmente com a cassiterita de cor preta ou castanha escura, porém com o teste da estanhagem resolve-se o problema.

### Principais Formas dos Cristais



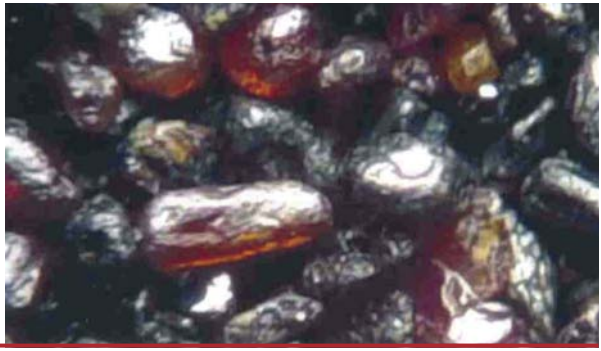


*Rutilo. Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais*



*Rutilo. Rio das Mortes Pequeno. São João del Rey, Minas Gerais*

*Rutilo. Serra da Moeda, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais*



*Concentrado de rutilo. Mataraca, Paraíba*

# Grupo da apatita

## *Apatite group*

### Composição química

Fosfato de cálcio [$Ca_5(F \leftrightarrow Cl)(PO_4)_3$]

### Sistema cristalino

Hexagonal.

### Principais formas

Em prismas hexagonais alongados, com as terminações algo arredondadas.

### Principais características

Cor: mineral transparente a translúcido. Freqüentemente branca leitosa e incolor. Menos comuns são os tons esverdeados, azulados e amarelados.

Dureza: 5.

Densidade: 3 a 3,35.

Brilho: vítreo.

Clivagem/fratura:

Suscetibilidade magnética: não atraída ao separador eletromagnético Frantz.

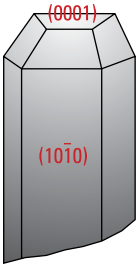
### Ocorrência

Associada à maior parte das rochas ígneas (granitos, pegmatitos, gabros, carbonatitos etc.) e às rochas metamórficas, em especial aos tipos gnáissicos. Ocorre com certa freqüência em sedimentos fluviais, porém, por causa de sua baixa dureza (5), pode ser considerada rara em materiais mais trabalhados de aluviões. Pode ser do tipo cloro-apatita ou flúor-apatita.

### Confusões possíveis

Quando em grãos de formas irregulares ou algo arredondados, hialinos ou de cor branca, pode ser confundida com o quartzo. Eventualmente, quando em pequenos prismas transparentes, ou branco-leitosos, pode ser confundida com zircão. O teste químico do fosfato* dirimirá as possíveis dúvidas.

Principal Forma do




** Atacar o mineral com uma solução de ácido nítrico (20%) e molibdato de amônio. Irá se formar um precitado de cor amarela.*

*Apatita. Angra dos Reis, Rio de Janeiro*

# Moscovita

## *Muscovite*

### Composição química

Mica de potássio ($KA_{l3}Si_3O_{10}$)

### Sistema cristalino

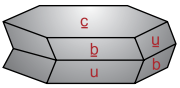
Monoclínico.

### Principais formas

Placas, lamelas, agregados foliáceos, às vezes com hábito pseudo-hexagonal.

### Principais características

Principal Forma do




Cor: mineral transparente a translúcido. Apresenta-se, com mais freqüência como placa incolor; eventualmente pode ter leves tons rosas ou esverdeados. Quando hidratado, sua cor fica branco-prata.

Dureza: 2 a 3.

Densidade: 2,7 a 3,1 (em razão de diminutas inclusões de quartzo, zircão, rutilo, apatita).

Brilho: vítreo.

Clivagem/fratura: clivagem basal perfeita.

Suscetibilidade magnética: não atraída ao separador eletro-magnético Frantz.

### Ocorrência

Em rochas derivadas de metamorfismo regional (gnaisses, xistos com clorita, granada e sillimanita). Em rochas ígneas ácidas, como granitos, aplitos e pegmatitos.

### Confusões possíveis

Eventualmente com palhetas descoloridas de biotita.

*Moscovita. Lavra Golconda, Governador Valadares, Minas Gerais*

*Moscovita. Lavra Golconda, Governador Valadares, Minas Gerais*

# Cianita

## *Kyanite*

### Composição química

Aluminossilicato de alumínio ($Al_2SiO_5$)

### Sistema cristalino

Triclínico.

### Principais formas

Geralmente em tabletes achatados, alongados segundo seu eixo principal. Pode conter inclusões escuras carbonosas ou argilosas.

### Principais características

Cor: mineral transparente, geralmente em grãos incolores. Porém são bastante comuns grãos azulados, esverdeados, amarelados, amarronzados e cinza escuros.

Dureza: variável de 4 a 7, dependendo da face do cristal.

Densidade: 3,5 a 3,7.

Brilho: vítreo.

Clivagem/fratura: fazendo ângulo de 90º irregular.

Suscetilidade magnética: não atraída ao separador eletromagnético Frantz.

### Ocorrência

Associada a rochas metamórficas (metamorfismo regional) do tipo gnaisses e micaxistos. Mineral freqüente em amostras de aluviões e depósitos litorâneos.

### Confusões possíveis

Em alguns casos, com os grãos aciculares de sillimanita, porém esta só tem uma direção de clivagem.

*Cianita. Rio Jequitinhonha, Minas Gerais*

*Cianita. Rio Jequitinhonha, Minas Gerais*

*Cianita. Canavieiras, Bahia*

# Sillimanita

## *Sillimanite*

### Composição química

Aluminossilicato de alumínio ($Al_2SiO_5$).

### Sistema cristalino

Ortorrômbico.

### Principais formas

Cristais prismáticos, com faces finamente estriadas; em cristais aciculares; em grãos fibrosos (variedade fibrolita).

Principais características:

Cor: mineral transparente a translúcido, mais freqüentemente em cristais incolores ou levemente amarelados.

Dureza: 6 a 7.

Densidade: 3,2.

Brilho: vítreo.

Clivagem/fratura: perfeita/irregular.

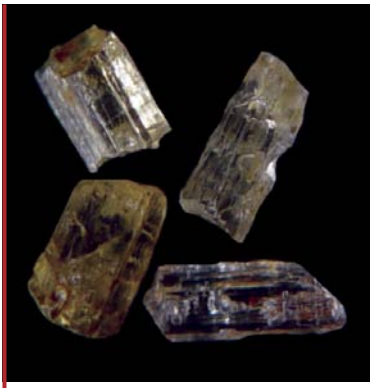
Suscetilidade magnética: não atraída ao separador eletromagnético Frantz.

### Ocorrência

Mineral relacionado a rochas metamórficas de altas temperaturas e pressões. Mineral freqüente em amostras de aluviões.

### Confusões possíveis

Com a cianita, porém esta tem clivagem ortogonal.



*Sillimanita, São José do Barreiro, São Paulo*

*Sillimanita. Rio de Contas, Bahia*

*Sillimanita. Pedra Selada, Resende, Rio de Janeiro*

*Sillimanita (fibrolita). Galiléia, Minas Gerais*

*Sillimanita (fibrolita). Galiléia, Minas Gerais*

# Pirita

## *Pyrite*

### Composição química

Sulfeto de ferro ($FeS_2$)

### Sistema cristalino

Cúbico.

### Principais formas

Em cubos e piritoedros. Mais raramente em formas globulosas (pirita framboidal).

### Principais características

Cor: as mais freqüentes são a amarelo-clara e a amarelo-latão. Normalmente alterada para limonita (pirita epigenizada). Mineral opaco.

Dureza: 6 a 6,5.

Densidade: 4,9 a 5,2.

Brilho: metálico.

Clivagem/fratura: difícil/conchoidal.

Suscetilidade magnética: não atraída ao separador eletromagnético Frantz. Quando alterada para limonita (pirita epigenizada) retirada em 0,5A.

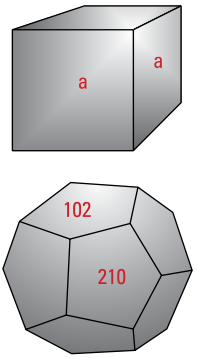
### Ocorrência

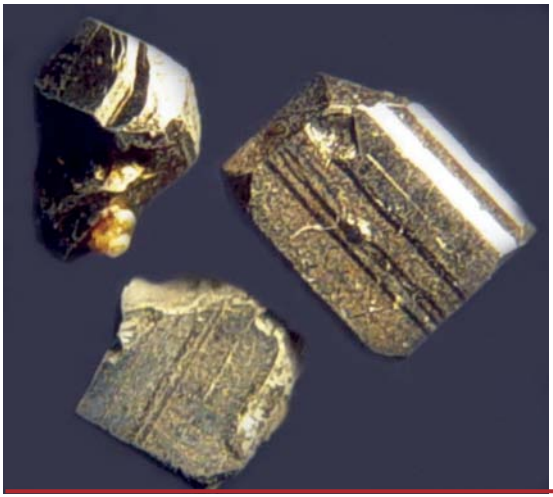
É o sulfeto mais comum, formado sob as mais variadas condições de temperatura; associada a quase todas as rochas da crosta. Quase sempre presente em amostras de aluviões, só que mais freqüentemente como pirita epigenizada ou limonitizada.

### Confusões possíveis

Em grãos frescos, de formas irregulares, pode ser confundida com a calcopirita, porém o teste da dureza resolve o problema.

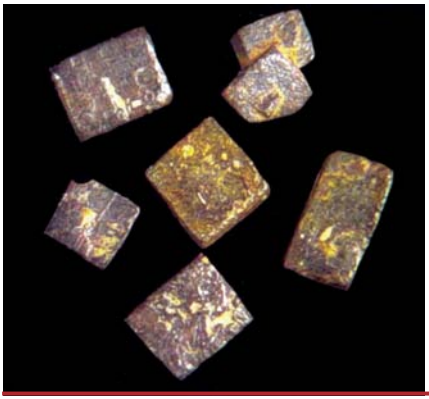
### Principais Formas dos Cristais





*Pirita. Médio Xié, Amazonas*

*Pirita. Médio Xié, Amazonas*



*Pirita limonitizada. Rio das Mortes Pequeno, São João del Rey, Minas Gerais*

# Ouro

## *Gold*

### Composição química

Au

### Sistema cristalino

Cúbico.

### Principais formas

Em palhetas lamelares, maleáveis. Raramente em octaedros.

### Principais características

Cor: a cor mais freqüente corresponde ao amarelo-ouro. Mineral opaco.

Dureza: 2 a 3.

Densidade: 15,6 a 19,3.

Brilho: metálico.

Clivagem/fratura: ausente/ausente.

Suscetilidade magnética: não atraído ao separador eletromagnético Frantz.

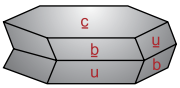
### Ocorrência

Mineral associado aos depósitos dos tipos hipotermais, mesotermais e epitermais. Freqüente em amostras de aluviões.

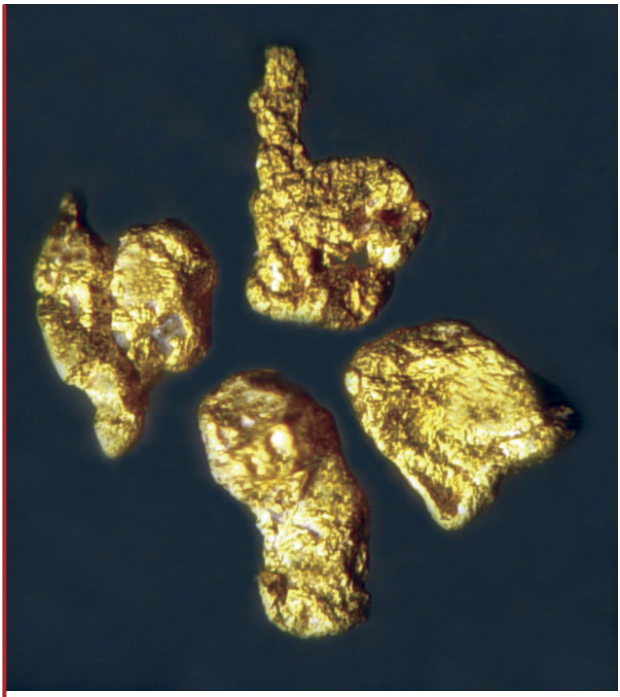
### Confusões possíveis

Em geral impossíveis de acontecer.*

Principal Forma do




** Entretanto, havendo confusão com os sulfetos amarelos (pirita, calcopirita) ataque o grão com ácido nítrico. Só o ouro resiste ao ataque.*



*Ouro. Diamantino, Mato Grosso*

# Scheelita

## *Scheelite*

### Composição química

Tungstato de cálcio ($CaWO_4$)

### Sistema cristalino

Tetragonal.

### Principais formas

Em grãos tabulares, massivos e, mais raramente, em cristais bipiramidais (pseudoctaédricos).

### Principais características

Cor: mineral transparente a translúcido, freqüentemente, branca leitosa, branca amarelada e incolor.

Dureza: 4,5 a 5.

Densidade: 5,9 a 6,1.

Brilho: vítreo ou graxo.

Clivagem/fratura: pouco visível/irregular.

Suscetilidade magnética: não atraída ao separador eletromagnético Frantz.

### Ocorrência

Associada às rochas calciossilicáticas formadas por metamorfismo regional (*reaction skarns*) e por metamorfismo de contato (granito/rochas carbonáticas). Encontrada em filões de quartzo de alta temperatura. Em níveis exalativos formados por chert/tungstênio, formando depósitos de tipo estratiformes ou stratabound. Também encontrada em zonas de cisalhamento auríferas em associação com esse metal. Mineral freqüente em amostras de aluviões.

### Confusões possíveis

Com o quartzo e a apatita, porém a scheelita apresenta cor de fluorescência branca, azulada ou amarelada (em virtude da presença de Mo na estrutura do mineral) ao ultravioleta ondas curtas.*

** Na falta de uma lâmpada ultravioleta, ataque o grão com água régia ($HCl + HNO_3$) a quente. A scheelita ficará com forte cor amarela.*

*Scheelita. Bairro dos Marins, Piquete, São Paulo*

*Scheelita. Arapeí, São Paulo*

# Anatásio

## *Anatase*

### Composição química

Óxido de titânio ($TiO_2$)

### Sistema cristalino

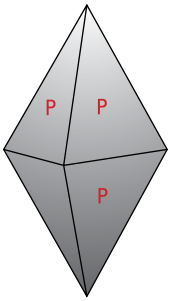
Tetragonal.

### Principais formas

Bipirâmides alongadas segundo o eixo c ou em bipirâmides truncadas, com as faces do cristal finamente estriadas. Mais raramente, em cristais achatados.

### Principais características

Principal Forma do




Cor: mineral transparente a translúcido, cujas cores mais freqüentes são azul, amarela, cinza, cinza-esverdeada, preta e marrom. Cristais bicolores, metade azul, metade amarelo, são comuns.

Dureza: 5,5 a 6.

Densidade: 3,8 a 3,9.

Brilho: adamantino a resinoso.

Clivagem/fratura: visível nos octaedros/irregular a subconchoidal.

Suscetilidade magnética: não atraído ao separador eletromagnético Frantz.

### Ocorrência

Mineral acessório tanto de rochas ígneas quanto de rochas metamórficas. Quase sempre presente em aluviões. Às vezes formado autigenicamente.

### Confusões possíveis

Com os espinélios azulados, porém estes são isotrópicos.

*Anatásio. Rio das Mortes Pequeno, São João del Rey, Minas Gerais*

*Anatásio. Rio das Mortes Pequeno, São João del Rey, Minas Gerais*

*Anatásio. Tapira, Minas Gerais*

# Coríndon

## *Corundun*

### Composição química

Óxido de alumínio ($Al_2O_3$)

### Sistema cristalino

Romboédrico.

### Principais formas

Em cristais achatados, às vezes com formas romboédricas ou hexagonais. Em prismas alongados, em forma de barrica.

### Principais características

Cor: mineral transparente a opaco, cujas cores freqüentes são incolor, cinza escuro, azulada e rosada. As variedades azul intenso e vermelha correspondem, respectivamente, à safira e ao rubi.

Dureza: 9.

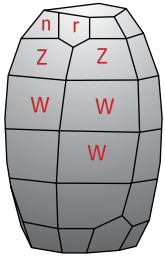
Densidade: 3,9 a 4,1.

Brilho: vítreo a adamantino.

Clivagem/fratura: não visível/irregular ou conchoidal.

Suscetilidade magnética: não atraído ao separador eletromagnético Frantz. Porém, pode ser encontrado em frações paramagnéticas em virtude das inclusões contidas.

Principal Forma do




### Ocorrência

Pode ser encontrado associado a rochas ígneas básicas ou intermediárias (supersaturadas em alumina e pobres em sílica), em serpentinitos, pegmatitos graníticos e sieníticos; em rochas de metamorfismo de contato. Pode ser encontrado com certa freqüência em amostras de aluviões (safira no rio Coxim, MT) e em colúvios (rubi em Barra Velha, SC e safira em Caputira, MG).

### Confusões possíveis

Com a cianita, porém esta é biaxial; com o zircão, mas este é uniaxial positivo.

*Coríndon. Córrego do Fogo, Malacacheta, Minas Gerais*

*Coríndon. Pirapetinga, Itatiaia, Rio de Janeiro*

*Coríndon. Igarapé Panela, Amapá*

# Cassiterita

## *Cassiterite*

### Composição química

Óxido de estanho ($SnO_2$)

### Sistema cristalino

Tetragonal.

### Principais formas

Em bipirâmides achatadas (eixo c mais curto) e em cristais achatados alongados. Pode ocorrer na forma concrecionária (estanho de madeira). Freqüentemente maclada com geminação do tipo bico de estanho.

### Principais características

Cor: mineral transparente a opaco, cujas cores freqüentes são preta, castanho-escura, marrom avermelhada, vermelha e amarelada. Grãos com zoneamento de cores e grãos bicolores (com cores: preta/vermelha, preta/amarela e vermelha/amarela) são bastante comuns.

Dureza: 6 a 7.

Densidade: 6,8 a 7,1.

Brilho: adamantino.

Clivagem/fratura: difícil/conchoidal.

Suscetilidade magnética: não atraída ao separador eletromagnético Frantz.

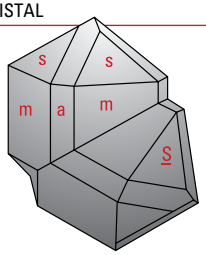
### Ocorrência

Mais freqüentemente associada a pegmatitos, greisens e filões hidrotermais de alta temperatura. Pode ser encontrada em granitos e microgranitos a metais raros. Em áreas graníticas deve sempre ser verificada a sua presença pelo teste da estanhagem.* Em geral, mineral relativamente raro em amostras de aluviões. No Brasil foi imensamente explorada nos aluviões de Rondônia, São João del Rei (MG) e Pitinga (AM).

### Confusões possíveis

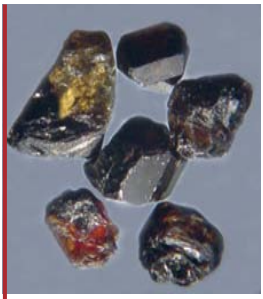
Principalmente com o rutilo, porém este não reage ao teste da estanhagem.

### Principal Forma do Cristal

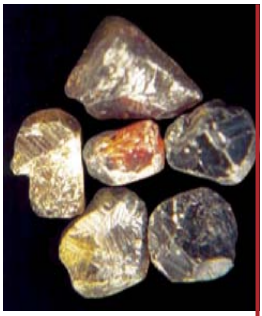



** Colocar o grão em contato com uma solução de ácido clorídrico (10 a 20%) e zinco metálico. A cassiterita se recobrirá com uma película prateada.*

*Cassiterita. Nazareno, Minas Gerais*

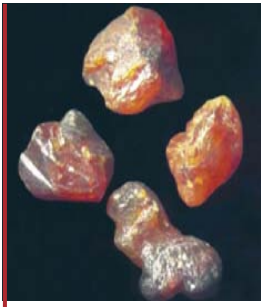


*Cassiterita. Mineração Jacundá, Rondônia*

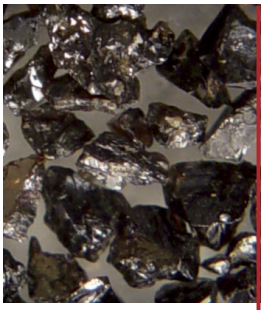


*Cassiterita. Oriente Novo, Rondônia*

*Cassiterita. Oriente Novo, Rondônia*

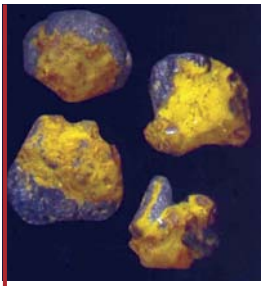


*Cassiterita. São Félix do Xingu, Mato Grosso*

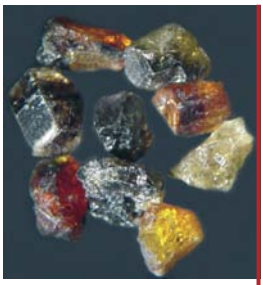


*Cassiterita. Linópolis, Minas Gerais*

*Cassiterita tipo estanho-de-madeira. Paramirim, Bahia*



*Cassiterita e vallamorfita? [$(Sn, Fe)(O, OH)_2$] (crosta amarelada). São Félix do Xingu, Mato Grosso*



*Cassiterita. São Félix do Xingu, Mato Grosso*

# Topázio

## *Topaz*

### Composição química

Flúor silicato de alumínio [$Al_2SiO_4$ $(F,OH)_2$]

### Sistema cristalino

Ortorrômbico.

### Principais formas

Em prismas, alongados quando derivados de greisens e filões pneumatolíticos; em prismas curtos quando relacionados aos pegmatitos. Encontrado em amostras de concentrados, mais comumente como grãos angulosos e fragmentos de cristais.

### Principais características

Cor: mineral transparente a translúcido, cujas cores mais freqüentes são a amarela e incolor. O topázio imperial apresenta uma forte cor amarela e também lilás.

Dureza: 8.

Densidade: 3,49 a 3,57.

Brilho: vítreo.

Clivagem/fratura: boa clivagem basal/subconchoidal.

Suscetilidade magnética: não atraído ao separador eletromagnético Frantz.

### Ocorrência

Comumente associado a rochas ácidas (granitos, pegmatitos e riolitos); mineral encontrado em greisens e filões de alta temperatura. Raros nos aluviões. Em Ouro Preto o topázio imperial ocorre nas áreas do Vermelhão e Capão do Lana.

### Confusões possíveis

Sobretudo com o quartzo, porém suas densidades são diferentes, além do que o quartzo é uniaxial.

*Topázio. São Félix do Xingu, Mato Grosso*

*Topázio. Igarapé Samacá, Amapá*

*Cristal de topázio*

# Molibdenita

## *Molibdenite*

### Composição química

Sulfeto de molibdênio ($MoS_2$)

### Sistema cristalino

Hexagonal.

### Principais formas

Em lamelas hexagonais, bem flexíveis.

### Principais características

Cor: a mais freqüente é a cinza-chumbo escura. Mineral opaco.

Dureza: 1 a 1,5

Densidade: 4,6 a 5.

Brilho: metálico.

Clivagem/fratura: perfeita.

Suscetilidade magnética: não atraída ao separador eletromagnético Frantz.

### Ocorrência

Associada a granitos e granodioritos; a pegmatitos; a depósitos hidrotermais de alta temperatura; a escarnitos. Mineral raro em amostras de aluviões.

### Confusões possíveis

Com a grafita, porém esta possui menor densidade (2,2).

*Molibdenita. Barra do Azeite, Cajati, São Paulo*

# Grupo da microlita

## *Microlite group*

### Composição química

Tantalato de cálcio ($Ca_2Ta_2O_7$)

### Sistema cristalino

Cúbico.

### Principais formas

Geralmente em octaedros.

### Principais características

Cor: As mais freqüentes são a amarela com várias nuances, castanha, esverdeada. Mineral transparente e translúcido.

Dureza: 5 a 5,5

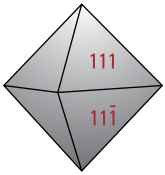
Densidade: 5,9 a 6,4.

Brilho: vítreo a resinoso

Clivagem/fratura: inexistente/irregular a conchoidal.

Suscetilidade magnética: 0,8A a não atraída ao separador eletromagnético.

Principal Forma do




### Ocorrência

Pouco freqüente em aluviões. Mineral encontrado associado aos pegmatitos lítio-tantalíferos, ocorrendo em geral em suas proximidades com a tantalita e outros niobo-tantalatos. Principal ocorrência brasileira: pegmatitos lítio-tantalíferos da província pegmatítica de São João del Rey, Minas Gerais, particularmente no pegmatito do Volta Grande, em Nazareno.

### Confusões possíveis

Com a perovskita, zircão, monazita e titanita, porém ao contrário desses minerais a microlita é isotrópica.

*Microlita. Volta Grande, Nazareno, Minas Gerais*

*Microlita. Volta Grande, Nazareno, Minas Gerais*

*Microlita. Volta Grande, Nazareno, Minas Gerais*

# Brookita

## *Brookite*

### Composição química

Óxido de titânio ($TiO_2$)

### Sistema cristalino

Ortorrômbico.

### Principais formas

Em cristais achatados e com estrias finas e grossas nas faces do mineral.

### Principais características

Cor: mineral transparente a translúcido, cujas cores mais freqüentes são a amarela âmbar, ou âmbar levemente cinza-esverdeada.

Dureza: 5,5 a 6.

Densidade: 3,9 a 4,1.

Brilho: adamantino.

Clivagem/fratura: clivagem indistinta.

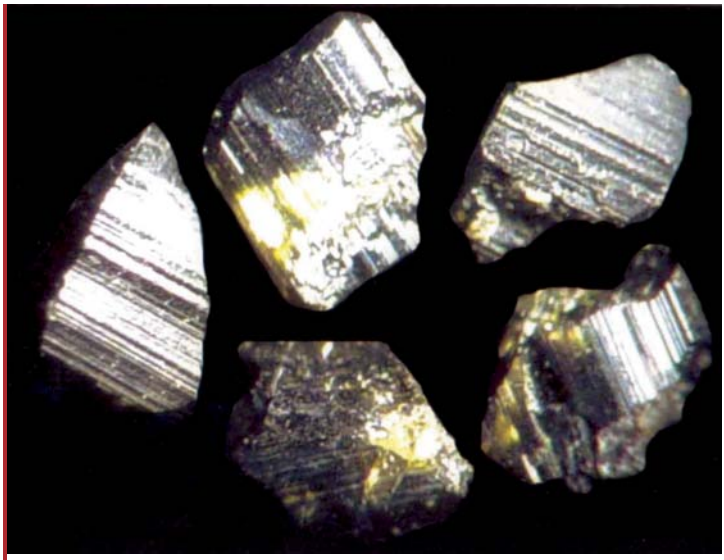
Suscetilidade magnética: não atraída ao separador eletromagnético Frantz.

### Ocorrência

Mineral acessório de algumas rochas ígneas e metamórficas. Pouco freqüente em amostras de aluviões.

### Confusões possíveis

Principalmente com o rutilo, porém este é uniaxial.



*Brookita. Padre Paraíso, Minas Gerais*

# Cinábrio

## *Cinnabar*

### Composição química

Sulfeto de mercúrio (HgS)

### Sistema cristalino

Hexagonal.

### Principais formas

Em massas granulares; em cristais romboédricos ou grãos tabulares.

### Principais características

Cor: mineral translúcido a opaco, cujas cores correspondem ao vermelho-carmim ou ao vermelho-acastanhado.

Dureza: 2 a 2,5.

Densidade: 8 a 8,2.

Brilho: adamantino.

Clivagem/fratura: visível/irregular a subconchoidal.

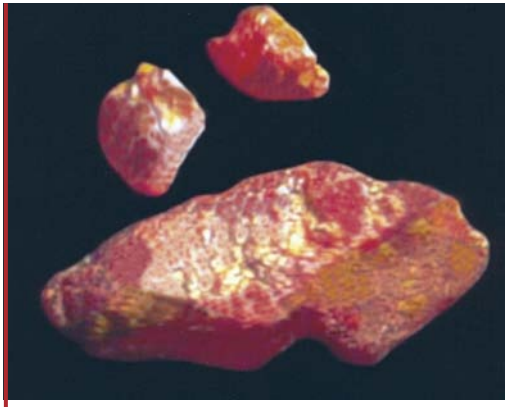
Suscetilidade magnética: não atraído ao separador eletromagnético Frantz.

### Ocorrência

Associado a filões de baixas temperaturas derivados de vulcanismo recente. No Brasil presente apenas em Minas Gerais, na região de Ouro Preto (Morro do Bule, Tripuí e Bico de Pedra); em Antônio Pereira possivelmente associado a rochas itabiríticas. Raro nos aluviões.

### Confusões possíveis

Com o realgar, porém este é uniaxial negativo.



*Cinábrio. Bico de Pedra, Ouro Preto, Minas Gerais*

# Crisoberilo

## *Chrysoberyl*

### Composição química

Óxido de alumínio e berílio ($BeAl_2O_4$)

### Sistema cristalino

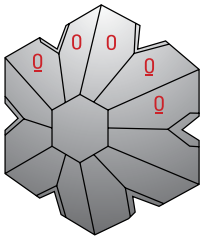
Ortorrômbico.

### Principais formas

Em cristais tabulares achatados, com formas pseudo-hexagonais, com faces em geral normalmente estriadas. Freqüentemente em cristais geminados.

### Principais características

Principal Forma do



Cor: mineral transparente, cujas cores mais freqüentes são amarela, verde-amarelada, amarelo-amarronzada e verde. A alexandrita (olho-de-gato) é a principal variedade gemológica.

Dureza: 8,5.

Densidade: 3,5 a 3,8.

Brilho: vítreo.

Clivagem fratura: não visível/irregular a conchoidal.

Suscetilidade magnética: de 0,8A a não-atraído.

### Ocorrência

Essencialmente associado a pegmatitos graníticos. Raro em aluviões. Crisoberilo gema pode ser encontrado em aluviões de Malacacheta e Padre Paraíso (MG) e Colatina (ES).

### Confusões possíveis

Com o coríndon, porém as propriedades ópticas são diferentes (este é uniaxial; esta, biaxial).

*Crisoberilo. Canavieiras, Bahia*

*Crisoberilo. Depósito de praia, Bahia*

# Espodumênio

## *Spodumene*

### Composição química

Silicato de lítio e alumínio (Li Al $Si_2O_6$)

### Sistema cristalino

Monoclínico.

### Principais formas

Em cristais prismáticos achatados, com faces estriadas verticalmente.

### Principais características

Cor: mineral transparente a translúcido do grupo dos piroxênios, cujas cores mais freqüentes são branca, branca-esverdeada, cinza e amarela. Os cristais de cores verde-esmeralda correspondem à hiddenita e os de cor lilás, à kunzita.

Dureza: 6,5 a 7.

Densidade: 3,1 a 3,2.

Brilho: vítreo.

Clivagem/fratura: perfeita/irregular a subconchoidal.

Suscetilidade magnética: não atraído ao separador eletromagnético Frantz.

### Ocorrência

Associado a granitos e pegmatitos ricos em lítio. Mineral raro em aluviões. Encontrado na área do Volta Grande em Nazareno, MG.

### Confusões possíveis

Com outros piroxênios monoclínicos, porém suas propriedades ópticas diferem desses minerais.

*Espodumênio. Volta Grande, Nazareno, Minas Gerais*

# Holmquistita

## *Holmquistite*

### Composição química

Glaucofana (anfibólio) de lítio $Li_2(Mg_3Al_2)Si_8O_{22}(OH)_2$

### Sistema cristalino

Monoclínico.

### Principais formas

Cristais prismáticos estriados.

### Principais características

Cor: lilás-escura.

Dureza: 6 a 6,5

Densidade: 3 a 3,15

Brilho: vítreo.

Clivagem/fratura: fratura conchoidal a inexistente.

Suscetilidade magnética: não atraída ao separador Frantz.

### Ocorrência

Bastante rara em concentrados de bateia. Ocorre em Nazareno, MG, restrita à zona de contato anfibólioxisto/pegmatitos litiníferos do Volta Grande, Nazareno, MG.

### Confusões possíveis

Não há.

*Holmquistita. Volta Grande, Nazareno, Minas Gerais*

*Holmquistita. Volta Grande, Nazareno, Minas Gerais*

# Gorceixita

## *Gorceixite*

### Composição química

Fosfato de alumínio e bário [Ba $Al_3(PO_4)_2$ (OH, $H_2O$)]

### Sistema cristalino

Romboédrico.

### Principais formas

Mamelonar ou botroidal.

### Principais características

Cor: mineral translúcido a opaco, cujas cores mais freqüentes são castanha, castanho-avermelhada, amarelada e esbranquiçada.

Dureza: 4,5 a 6.

Densidade: 3,1.

Brilho: resinoso.

Clivagem/fratura: —

Suscetilidade magnética: não atraída ao separador eletromagnético Frantz.

### Ocorrência

Provavelmente de origem supérgena. Raro nos aluviões. Um dos constituintes das favas (minerais acompanhantes) dos aluviões diamantíferos.

### Confusões possíveis

Com o leucoxênio, porém este é opaco e rico em Ti. Reage ao teste do fosfato (a quente).

*Gorceixita. Ribeirão Sujo, Piumhi, Minas Gerais*

# Bahianita

## *Bahianite*

### Composição química

$Al_5Sb_3O_{14}(OH)_2$

### Sistema cristalino

Monoclínico

### Principais formas

Grãos arredondados e botrioidais ou mamelonares

### Principais características

Cor: as mais freqüentes são: amarela-esverdeada, castanha ou creme. Mineral transparente.

Dureza: 9.

Densidade: 4,89 a5,46 (média 5,17).

Brilho: adamantino e resinoso.

Clivagem/fratura: perfeita (100)/ —.

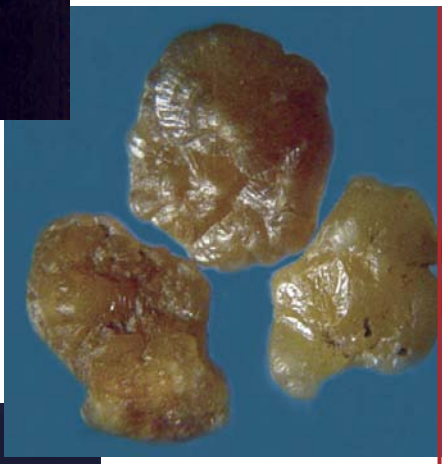
Suscetilidade magnética: não-magnética.

### Ocorrência

Em aluviões nas regiões de Paramirim e Rio de Contas, Bahia, associada a andalusita, cassiterita (*wood tin*), ouro e eskolaíta.

### Confusões possíveis

Com monazita e gorceixita.



*Bahianita, Rio de Contas, Bahia*

# Diamante

## *Diamond*

### Composição química

C

### Sistema cristalino

Cúbico.

### Principais formas

Em octaedros, dodecaedros e em cristais achatados triangulares.

### Principais características

Cor: mineral transparente, cujas cores mais freqüentes são incolor, amarela, castanha ou preta (*bort*).

Dureza: 10.

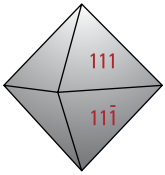
Densidade: 3,5.

Brilho: adamantino.

Clivagem/fratura: visível/conchoidal.

Suscetilidade magnética: não atraído ao separador eletromagnético Frantz.

Principal Forma do




### Ocorrência

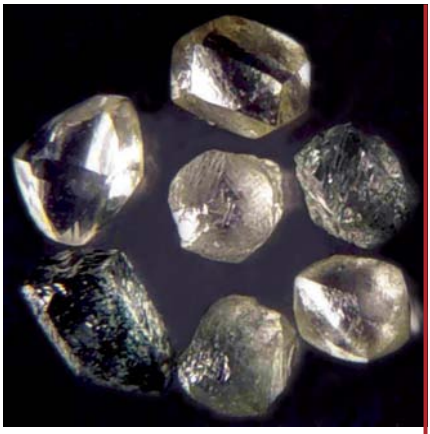
Associado mais comumente a kimberlitos e lamproítos. Nos aluviões de Diamantina, Coromandel e rio Jequitinhonha (MG), em Lençois (BA) e no rio Coxim (MT).

### Confusões possíveis

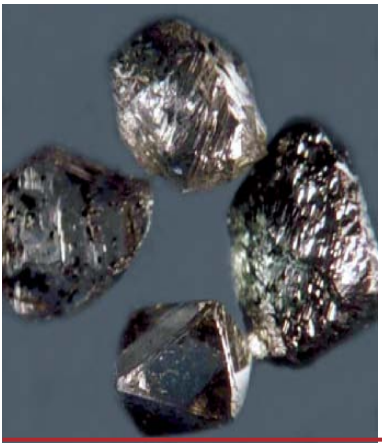
Ccom os espinélios magnesianos, porém estes têm índice de refração menor do que 2. Com o zircão, porém este é uniaxial e o diamante, isotrópico.

*Diamante. Diamantina, Minas Gerais*

*Diamante. Serra da Canastra, Minas Gerais*



*Diamante. Diamantina, Minas Gerais*



*Diamante. Diamantina, Minas Gerais*

# Quartzo

## *Quartz*

### Composição química

Óxido de silício ($SiO_2$)

### Sistema cristalino

Hexagonal.

### Principais formas

Em prismas hexagonais alongados segundo o eixo c; em bipirâmides hexagonais (quartzo vulcânico).

### Principais características

Cor: mineral transparente a translúcido, cujas cores mais freqüentes são a branca leitosa e a incolor. Pode ocorrer ainda em cores fumê, amarela, verde e violeta.

Dureza: 7.

Densidade: 2,65.

Brilho: vítreo.

Clivagem/fratura: ausente/conchoidal.

Suscetilidade magnética: não atraído ao separador eletromagnético Frantz.

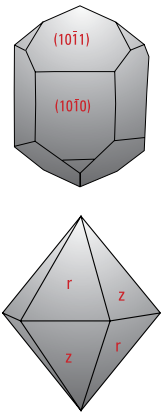
### Ocorrência

É o mineral mais abundante em rochas da crosta e, portanto, está presente na composição mineralógica de suas principais rochas. Na forma de bipirâmide hexagonal está associado a rochas vulcânicas e subvulcânicas ácidas. É o principal contaminante das amostras de concentrados de bateia.

### Confusões possíveis

Com o berilo e a fenacita, porém os índices de refração e a densidade desses minerais são maiores do que a do quartzo.

### Principais Formas dos Cristais



*Quartzo rolado. Rio Jequitinhonha, Minas Gerais*

*Quartzo. Lavra Golconda, Governador Valadares, Minas Gerais*

*Quartzo vulcânico. Cachoeira Porteira, Pará*

*Quartzo. Rio Jequitinhonha, Minas Gerais*

*Quartzo. Rio Jequitinhonha, Minas Gerais*

# Berilo/Esmeralda

## *Beryl/Emerald*

### Composição química

Aluminossilicato de berílio [$Be_3Al_2Si_6O_{18}$]

### Sistema cristalino

Hexagonal.

### Principais formas

Em prismas hexagonais.

### Principais características

Cor: mineral transparente a translúcido, cujas cores mais freqüentes são a esbranquiçada, esverdeada, azul-clara (água-marinha), verde (esmeralda).

Dureza: 7,5 a 8.

Densidade: 2,66 a 2,83.

Brilho: vítreo.

Clivagem/fratura: pouco visível/irregular a conchoidal.

Suscetibilidade magnética: não atraído ao separador eletromagnético Frantz.

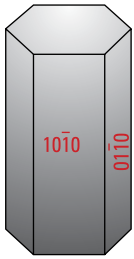
### Ocorrência

Associado a pegmatitos ácidos; a filões de quartzo-wolframita-cassiterita; a greisens e a xistos ultramáficos. Águas-marinhas em aluviões e eluviões de Catugi e Medina (MG).

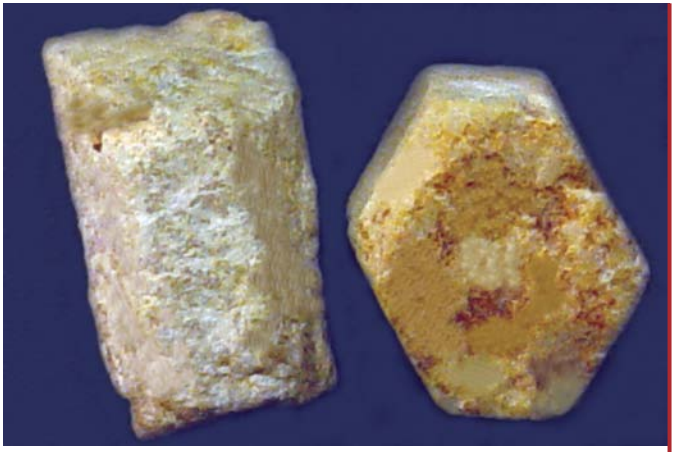
### Confusões possíveis

Com o quartzo, porém a densidade deste (2,65) é inferior à do berilo.

Principal Forma do



*Esmeralda. Santa Terezinha, Goiás*



*Berilo. Serra de Bom Sucesso, Bom Sucesso, Minas Gerais*

# Sobre os autores

Ronaldo Mello Pereira é Geólogo formado em 1974 pela Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Mestre em Ciências - Geologia (1981) e Doutor em Ciências - Geologia (2001) pelo Instituto de Geociências da mesma UFRJ. Trabalha no Departamento de Geologia Aplicada, setor de Geologia Econômica, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro desde 1978. É também autor do livro *Fundamentos de prospecção mineral*, publicado em 2003, pela Editora Interciência (Rio de Janeiro).

Ciro Alexandre Ávila é Geólogo formado em 1987 pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ. Mestre em Ciências - Geologia (1992) e Doutor em Ciências - Geologia (2000) pelo Instituto de Geociências da UFRJ. Trabalha no Departamento de Geologia e Paleontologia do Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro desde 1993.

Paulo Roberto Amorim dos Santos Lima é Geólogo formado em 1972 pela UFRJ. Pós-graduado lato sensu: 1989 – Universidade de Freiberg (Alemanha); 1992 – Universidade de LuleD (Suécia); 1998, PDG da Fundação Dom Cabral (Belo Horizonte); 2001, MBA no Ibmec (Rio de Janeiro). Trabalha na Cia. Vale do Rio Doce desde 1986. Autor do livro *Guia de mineralogia: Museu de mineralogia Victor Dequech*, publicado em 2004 pela Rona Editora (Belo Horizonte).

# Anexo

## Minerais presentes em um concentrado de bateia padrão

Amostra
Peso conc.
Peso pesados
Frações IM IV NA
%

Obs:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Magnetita | ■ | | | Em octaedros, grãos irregulares ou na forma de bilhas/esferulitos, de cor preta, c/ partes ocres. Magnética. |
| Ilmenita | | ■ | | Hexagonal, tabular, preta a cinza-aço, brilhante; com crostas de material terroso esbranquiçado a palha, de leucoxênio. |
| Granada | | ■ | | Dodecaédrica (lembra grãos arredondados), vermelha, rosa, laranja. Pode conter inclusões escuras de minerais metálicos. |
| Biotita | | ■ | | Preta a dourada (hidrobiotita); desplacamento (clivagem) característico. |
| Hornblenda | | ■ | | Preta, verde escuro, prismática, estriada. Se apertada com a pinça é quebradiça, demonstrando o hábito acicular dos anfibólios. |
| Turmalina | | ■ | | Preta ou castanho escura, prismas trigonais ou hexagonais, estrias não penetrativas (só na face do cristal), exibe linha de partição ortogonal ao eixo C. |
| Limonita | | ■ | | Grãos arredondados lembrando oolítos, em concreções botrioidais ou fragmentos tipo "chapinha". Cor ocre característica. |
| Pirita epigênica | | ■ | | Cubos ou paralelepípedos de cor marrom avermelhada a ocre. |
| Epídoto | | ■ | | Normalmente em grãos verdes amarelados. Raramente em cristais; estes quando existentes apresentam-se estriados. |
| Xenotímio | | ■ | | Amarelado, castanho ou marrom em bipirâmides tetragonais, com eixo C curto. |
| Espinélio | | ■ | | Em cristais octaédricos, geralmente de cor verde escura. Às vezes, incolores, rosados e acinzentados. |
| Estaurolita | | ■ | | Marrom avermelhada, avermelhada ou amarelada. Comum em cristais. Está sempre repleta de inclusões escuras carbonosas e/ou de óxidos Fe. |
| Monazita | | ■ | | Em grãos ou cristais achatados amarelados a levemente esverdeados. A sua superfície pode ser algo esbranquiçada em virtude da formação de sais de cério. Fluoresce verde ao UV sem filtro. |
| Tremolita-actinolita | | ■ | | Em grãos prismáticos, estriados, incolor ou levemente esverdeada. Hábito acicular e bastante frágil (quebradiça). |
| Titanita | | ■ | | Em grãos e cristais bastante típicos, lembrando formas de cunha ou de um disco voador. Cor castanha ou amarronzada. Pode apresentar-se parcialmente recoberta por crostas de leucoxênio. |
| Zircão | | | ■ | Geralmente em prismas curtos ou alongados terminados em bipirâmides, em grãos flabeliformes (cyrtolita). Em cristais transparentes incolores, rosa, vermelho (jacinto), champagne. Em cristais leitosos esbranquiçados, creme, rosados e amarronzados, podem representar tipos metamictizados ou cristais de zircão hafnífero. |
| Rutilo | | | ■ | Brilho submetálico, prismático, com profundas estrias na face que lembram canaletas, preto (com pontos vermelho rubi), vermelho, amarelo. |
| Apatita | | | ■ | Em pequenos cristais prismáticos hexagonais, de cor branca, translúcidos. A terminação do prisma lembra uma ponta arredondada. |
| Cianita | | | ■ | Em cristais tabulares, partição ortogonal, azulada, cinza, incolor, verde. |
| Sillimanita | | | ■ | Em prismas incolores, estriados, de seção losangular. A variedade fibrolita às vezes lembra um grão de arroz. |
| Moscovita | | | ■ | Em cristais achatados pseudohexagonais, incolores a pérola. Clivagem basal perfeita. |

# Bibliografia


BATEMAN, A. M. *Formation of mineral deposits*. London: John Wiley and Sons, 1951.

BATEMAN, A. M. *Economic mineral deposits*. New York/London: John Wiley and Sons, 1958. 2. ed.

BROCHE, J.; CASANOVA, R.; LOUP, G. *Atlas des mineraux en grains identification par photo graphies em couleurs*. Société pour le Dévelopement Minier de la Cote D'Ivoire: Ministère des Mines, 1973.

CASSEDANNE, J. P. *A prospecção das aluviões: exemplos brasileiros*. Seminário de estudos integrados sobre a prospecção das aluviões. UFRRJ - Projeto Rondon, 1981.

CHAUSSIER, J. B; MORER, J. *Manuel du prospecteur minier: manuel et methodes.* Orléans: BRGM, 1972.

FLETCHER, W. K. *Two-day short course in exploration geochemistry.* Rio de Janeiro: Departamento de Geologia da UFRJ e Mineratek do Brasil, 2000.

FORD, W. E. *Dana's textbook of mineralogy.* New York: John Wiley and Sons, 1934.

GUIGUES, J. *Atlas des mineraux en grains.* Paris: BRGM, 1970.

GUIGUES, J.; DEVISMES, P. *La prospection minière à la batée dans le Massif Armoricain.* Paris: Memoires du BRGM v. 17, 1969.

GUILLEMIN, C. *Microanalyse Qualitative appliquée à la determination des espèces minérales.* Paris: BRGM, 1953. v. 13.

PARFENOFF, A. *Aperçu sur les méthodes d'étude des concentrés alluvionaires au laboratoire des alluvions du BRGM*. Bull: BRGM, 1967. v. 2.

PARFENOFF, A, POMEROL, C.; TOURENQ, J. *Les minéraux em grains méthodes d' étude et détermination.* Paris: Masson & Cie, 1970.

PEREIRA, R. M. *Fundamentos de prospecção mineral.* Rio de Janeiro: Interciência, 2003.

PUPIN, J. P. Zircon and granite petrology. *Contrib. Mineral. Petrol.*, n. 73, pp. 207-220, 1980.

SMIRNOV, V. *Minerals deposits of the URSS*. Moscow: Mir, 1971.



Este livro foi editado em 2005
Miolo – Couché Reflex 130g/m²
Capa – Couché Ultra Silk 150g/m²
CTP, impressão e acabamento: Quebecor World S.P.